

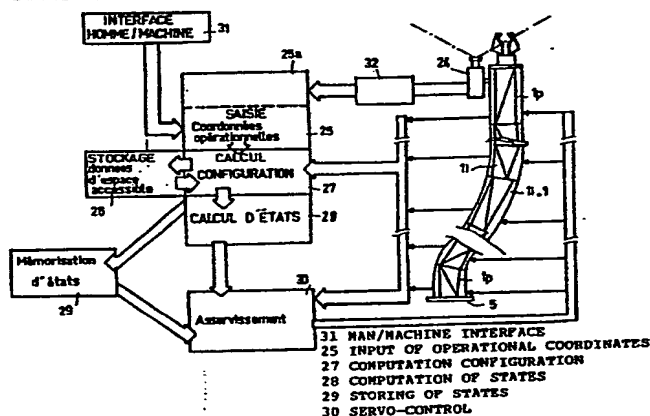


DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets⁴ : B25J 9/06, 9/08	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 88/ 05712 (43) Date de publication internationale: 11 août 1988 (11.08.88)
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR88/00026</p> <p>(22) Date de dépôt international: 19 janvier 1988 (19.01.88)</p> <p>(31) Numéro de la demande prioritaire: 87/01884</p> <p>(32) Date de priorité: 4 février 1987 (04.02.87)</p> <p>(33) Pays de priorité: FR</p> <p>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): LOGA-BEX S.A.R.L. [FR/FR]; Centre d'Innovations Industrielles, 3, avenue Didier-Daurat, F-31400 Toulouse (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et</p> <p>(75) Inventeurs/Déposants (US seulement) : CH'HAYDER, Ameer [TN/FR]; 9, rue de Rémusat, F-31000 Toulouse (FR). DURAND, Didier [FR/FR]; Résidence Grands Ramiers, Allée C.-Soula - Bt. B, F-31400 Toulouse (FR). DIAZ, Constantino [ES/FR]; 14, avenue de Lyon, F-31500 Toulouse (FR).</p>		<p>(74) Mandataire: BARRE, Philippe; Cabinet Barre-Gatti-Laforge, 95, rue des Amidonniers, F-31069 Toulouse Cédex (FR).</p> <p>(81) Etats désignés: AT (brevet européen), BE (brevet européen), CH (brevet européen), DE (brevet européen), FR (brevet européen), GB (brevet européen), IT (brevet européen), JP, LU (brevet européen), NL (brevet européen), SE (brevet européen), US.</p> <p>Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i></p>

(54) Title: REDUNDANT ROBOT**(54) Titre:** ROBOT REDONDANT DE TYPE MODULAIRE**(57) Abstract**

Redundant robot of the modular type for displacing a terminal from an initial situation to a final situation. Such robot comprises a succession of stages (l_{i-1} , l_i), each comprised of a platform and of six actuators arranged according to a closed angled architecture, a system of sensors associated to each stage, and control means for determining a robot configuration corresponding to the final situation to be reached by the terminal and for servo-controlling the actuators in order to arrange the various stages according to such configuration. Said control means comprise particularly means (26) for storing accessible spaces for each platform, means (25) for entering the final situation to be reached, means (27) for computing the robot configuration, means (28) for computing the actuator states and a servo-control interface (30) for the latter.

**(57) Abrégé**

Robot redondant du type modulaire permettant de déplacer un terminal d'une situation initiale vers une situation finale. Ce robot comprend une succession d'étages (l_{i-1} , l_i), chacun constitué d'une plate-forme et de six actionneurs agencés selon une architecture angulée fermée, un système de capteurs associé à chaque étage, et des moyens de commande permettant de déterminer une configuration du robot correspondant à la situation finale à atteindre par le terminal et d'asservir les actionneurs pour disposer les divers étages selon cette configuration. Ces moyens de commande comprennent en particulier des moyens (26) de stockage des espaces accessibles par chaque plate-forme, des moyens (25) de saisie de la situation finale à atteindre, des moyens (27) de calcul de la configuration du robot, des moyens (28) de calcul d'états des actionneurs et une interface (30) d'asservissement de ces derniers.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	FR	France	ML	Mali
AU	Australie	GA	Gabon	MR	Mauritanie
BB	Barbade	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
BE	Belgique	HU	Hongrie	NL	Pays-Bas
BG	Bulgarie	IT	Italie	NO	Norvège
BJ	Bénin	JP	Japon	RO	Roumanie
BR	Brésil	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CF	République Centrafricaine	KR	République de Corée	SE	Suède
CG	Congo	LI	Liechtenstein	SN	Sénégal
CH	Suisse	LK	Sri Lanka	SU	Union soviétique
CM	Cameroun	LU	Luxembourg	TD	Tchad
DE	Allemagne, République fédérale d'	MC	Monaco	TG	Togo
DK	Danemark	MG	Madagascar	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande				

ROBOT REDONDANT DE TYPE MODULAIRE

L'invention concerne un robot redondant de
5 type modulaire, permettant de déplacer un terminal depuis une
situation initiale vers une situation finale.

De nombreux robots ont été conçus pour
automatiser des tâches dans un processus industriel ou autre,
ou pour intervenir dans un environnement inaccessible à
10 l'homme.

Les robots les plus anciens, dits robots
industriels, ont une architecture mécanique constituée de
corps ou maillons liés entre eux de façon à permettre une
rotation ou une translation d'un maillon par rapport aux
15 maillons voisins. Les maillons sont généralement différents
les uns des autres en vue de spécialiser le robot à un type de
tâche donné. Le défaut essentiel de ces robots réside dans
leur mécanique complexe et coûteuse, et dans leur masse très
élevée rapportée à la charge utile pouvant être déplacée et
20 ce, essentiellement en raison des conditions de travail à la
flexion et torsion des éléments constitutifs de ces robots. De
plus, ces robots ne sont pas redondants et sont donc inaptes à
fonctionner correctement en cas de défaillance d'une ou
plusieurs mobilités.

25 Des robots, dits robots redondants, ont été
conçus plus récemment pour intervenir dans des milieux
encombrés ou quasi-fermés. Par "robot redondant", on entend un
robot possédant des mobilités en nombre surabondant par
rapport au nombre des mobilités nécessaires et suffisantes
30 pour positionner et orienter un terminal dans l'espace. Leurs
mobilités en nombre redondant permettent d'assurer un
positionnement et une orientation du terminal de plusieurs
manières différentes, de sorte que ces robots bénéficient
d'une souplesse d'emploi beaucoup plus grande que les
35 précédents.

Les brevets ou documents suivants illustrent
des robots existants :

- FR 2 494 618 décrivant un robot du type
trompe d'éléphant à déformation dans un plan (défaut : espace
40 accessible très limité),

- WO 84/04722 décrivant un robot articulé dont les maillons sont commandés individuellement par des systèmes à câbles (défaut : effondrement partiel ou total du robot en cas de rupture d'un câble),
- FR 2 378 612 décrivant un bras polyarticulé à déplacement spatial commandable par câbles depuis la base (défaut : espace accessible relativement limité),
- EP 0 017 016 décrivant un bras flexible à déplacement spatial commandable par câbles (défaut : robot non commandable en cas de défaillance d'une transmission),
- FR 2 339 470 décrivant un bras souple à maillons spatiaux permettant des rotations dans tous les sens (défaut : espace accessible relativement limité),
- EP 0 108 549, EP 0 085 307 et EP 0 077 609 décrivant des bras à rotations multiples, aptes à se déplacer dans un espace encombré (défaut : charge supportée très limitée),
- FR 2 537 909 décrivant un dispositif de liaison du type poignet, permettant des déplacements précis de puissance élevée (défaut : amplitudes faibles).
- Soviet Engineering Research, vol. 2 n° 12 décembre 1982, pages 75-78, Melton Mowbray, A.SH. KOLISTOR "Development and investigation of industrial robots based on specification by 1- coordinates", visant un robot à 6 vérins par étages.

La structure mécanique décrite dans le dernier article ci-dessus visé semble posséder de remarquables potentialités, mais de difficiles problèmes de commande, non résolus jusqu'à ce jour, empêchent en fait que ces potentialités soient exploitées. En effet, si dans un système à étage unique, il existe une relation géométrique simple donnant la longueur des six vérins en fonction de la situation du terminal, ce n'est plus le cas dans un système où plusieurs étages sont combinés ; il n'y a plus alors de relation simple permettant à partir d'une situation finale désirée, de déduire les longueurs des vérins et l'article sus-évoqué ne fournit aucun enseignement pour opérer la commande effective d'un tel robot.

un robot perfectionné du type redondant ci-dessus évoqué, doté d'une commande permettant d'en exploiter toutes les potentialités.

5 Par "robot", on entend un système mécanique articulé constitué par un enchaînement d'au moins deux étages, auquel est associée une unité de commande. Dans la suite, on utilisera, d'une façon générale, le vocabulaire habituellement employé dans le domaine technique de la robotique.

10 Un autre objectif essentiel est de fournir un robot bénéficiant d'un grand nombre de mobilités, lui permettant d'intervenir dans des milieux encombrés grâce au choix d'un chemin adapté parmi un grand nombre de chemins possibles.

15 Un objectif essentiel de l'invention est de permettre la manipulation de charges élevées, et de bénéficier d'un rapport charge/masse propre du robot, de valeur accrue par rapport aux robots connus.

Un autre objectif est de fournir un robot
20 présentant une bonne tolérance aux pannes, c'est-à-dire apte à exécuter une tâche même en cas de panne de certains éléments.

Un autre objectif est de fournir un robot mécaniquement simple, dont les étages peuvent se répéter, soit à l'identique, soit à des modifications dimensionnelles près,
25 chaque étage étant lui-même constitué d'éléments répétitifs.

Un autre objectif est de fournir un robot modulable, extensible à volonté suivant le type de tâche à accomplir.

Un autre objectif est de fournir un robot
30 facile à dépanner en raison de la simplicité de sa structure et de la faible variété de composants constitutifs de celle-ci.

A cet effet, le robot visé par l'invention, permettant de déplacer un terminal depuis une situation
35 initiale vers une situation finale, est du type modulaire comprenant au moins deux étages disposés les uns à la suite des autres, dont un premier étage solidaire d'une base et, à l'opposé, un dernier étage portant le terminal.

Par "terminal", on entend tout système, actif
40 ou passif, adapté à l'application envisagée, par exemple :

pince, outil, caméra, etc...

Par "situation", on entend une position et/ou une orientation dans l'espace, d'un repère lié à l'élément 5 considéré par rapport à un repère de référence.

Par "modulaire", on entend une répétition d'étages ayant le même type d'architecture, ces étages pouvant être rigoureusement identiques ou différer par leurs dimensions (des étages auxiliaires de type différent pouvant 10 le cas échéant s'interposer entre les étages modulaires comme on le verra plus loin).

Le robot visé par l'invention est du type dans lequel chaque étage est composé d'une plate-forme et de six actionneurs linéaires, chacun articulé, vers une 15 extrémité, sur la plate-forme de l'étage considéré par une liaison de type rotule, et vers son extrémité opposée, sur la plate-forme de l'étage précédent (ou sur la base pour le premier étage) par une liaison du même type, ces six actionneurs linéaires étant agencés selon une architecture 20 angulée fermée de sorte que deux actionneurs voisins se trouvent articulés au voisinage l'un de l'autre sur une plate-forme et se trouvent, au contraire, articulés à distance sur l'autre plate-forme afin de former un angle entre eux, chaque étage comprenant un système de capteurs, adapté pour délivrer 25 des signaux représentatifs de la situation relative de la plate-forme dudit étage par rapport à celle de l'étage précédent (ou par rapport à la base pour le premier étage).

Ledit robot est caractérisé en ce qu'il comprend une unité de commande associée aux actionneurs et 30 constituée par :

- . des moyens de stockage de données, dites données d'espace accessible, représentatives de situations accessibles par chaque plate-forme dans un système de référence lié à l'étage précédent (ou à la base pour le 35 premier étage),

- . des moyens de saisie de coordonnées opérationnelles représentatives de la situation finale à atteindre,

- . des moyens de calcul, dits moyens de calcul 40 de configuration, agencés pour accéder aux moyens de stockage

des données d'espace accessible et pour recevoir les coordonnées opérationnelles issues des moyens de saisie, lesdits moyens de calcul de configuration étant adaptés pour
5 déterminer une configuration du robot dans laquelle le terminal est situé dans la situation finale et pour délivrer des coordonnées généralisées représentatives de ladite configuration ou une information d'impossibilité,

. des moyens de calcul, dits moyens de calcul
10 d'états, agencés pour recevoir les coordonnées généralisées représentatives de la configuration du robot et adaptés pour calculer, pour chaque étage, des informations d'état correspondant à ses six actionneurs linéaires,

. une interface d'asservissement, agencée
15 pour recevoir les informations d'état issues des moyens de calcul d'états ainsi que les signaux issus du système de capteurs et adaptée pour délivrer des grandeurs de commande propres à asservir chacun des actionneurs linéaires.

Par "actionneur linéaire", on entend tout
20 dispositif électrique, hydraulique, pneumatique, etc... apte à engendrer à la commande une translation entre ses deux extrémités par lesquelles cet actionneur est articulé sur la plate-forme de l'étage considérée et sur celle de l'étage précédent. Les actionneurs peuvent notamment être constitués
25 par des vérins, des systèmes à vis/écrous, mais aussi par des mécanismes plus complexes du type mécanisme à compas, à crémaillère.

Par "liaison de type rotule", on entend de façon générale toute liaison rotative apte à permettre au
30 moins deux rotations d'axes perpendiculaires, et en particulier : rotule (permettant trois rotations d'axes concourants), cardan (permettant deux rotations d'axes concourants), liaison composée (permettant deux rotations d'axes non concourants).

35 Les "coordonnées opérationnelles" et "coordonnées généralisées" représentent respectivement la situation du terminal par rapport à un repère de référence, et la situation des plates-formes en considérant comme référence, pour chaque plate-forme, la plate-forme voisine.

40 Par "configuration du robot", on entend

l'ensemble des coordonnées généralisées de tous les étages du robot, reflétant la configuration générale du robot dans l'espace.

5 Par "information d'état", on entend pour chaque actionneur une information de commande, représentative de l'état que doit prendre ledit actionneur.

Le robot conforme à l'invention est ainsi constitué d'étages qui, de par leur architecture triangulée, 10 travaillent tous en traction/compression, aussi bien au niveau des actionneurs linéaires qu'à celui des plates-formes. Les plates-formes peuvent elles-mêmes être constituées par des systèmes triangulés liant les zones d'articulation des actionneurs, de façon à supprimer radicalement toute 15 contrainte de flexion/torsion. Il est également possible, selon l'application, de prévoir des plates-formes de structure différente (couronne,...) : certaines contraintes de flexion/torsion peuvent alors localement se développer dans ces plates-formes, mais conservent des valeurs réduites par 20 rapport à celles s'exerçant dans la plupart des robots connus. Le robot peut ainsi posséder une structure légère, à faible déformation sous charge, capable de manipuler des masses élevées. La mise en série d'au moins deux étages de structure telle que ci-dessus définie entraîne une redondance de 25 mobilités permettant d'obtenir une situation finale donnée du terminal par une multitude de combinaisons d'états des actionneurs. De plus, du fait de cette redondance, en cas de panne d'un ou de plusieurs actionneurs, l'espace accessible par le terminal (espace de travail du robot) se trouve 30 réduit mais, pour un robot constitué d'au moins quelques étages, le nombre de mobilités demeure satisfaisant. L'unité de commande permet d'exploiter ces mobilités : à partir d'une situation initiale donnée, elle permet de déterminer -si cela est possible- une configuration 35 correspondant à la situation finale à atteindre et de calculer les informations d'états correspondantes des actionneurs. La détermination de la configuration est effectuée à partir des coordonnées opérationnelles saisies (situation finale à atteindre) et des données d'espace accessible stockées dans 40 les moyens de stockage sus-évoqués (ces données représentant

l'espace accessible par chaque plate-forme dans un système de référence lié à la plate-forme de l'étage précédent).

Selon un premier mode de réalisation, les
5 moyens de stockage des données d'espace accessible comprennent des moyens de mémorisation, stockant pour chaque architecture d'étages une base de données contenant, pour chaque actionneur de l'étage considéré, les longueurs minimale et maximale de cet actionneur et les angles maximum que peut prendre ledit
10 actionneur par rapport aux normales aux deux plate-formes auxquelles aboutit ledit actionneur.

Ce mode de réalisation présente l'avantage, d'une part, de refléter de façon précise les possibilités de mouvements d'un étage (conditionnées par ses composants
15 technologiques), d'autre part, de requérir peu d'espace mémoire, puisque quatre données par actionneur sont suffisantes pour caractériser l'espace accessible. Toutefois, comme on le verra plus loin, les calculs effectués par les moyens de calcul de configuration sont plus longs par rapport
20 aux solutions suivantes.

Selon un autre mode de réalisation, les moyens de stockage des données d'espace accessible comprennent des moyens de mémorisation d'un programme de calcul contenant, pour chaque architecture d'étage, des relations liant la
25 position (x, y, z) du centre de la plate-forme de l'étage par rapport à la plate-forme voisine et la rotation possible (α) de ladite plate-forme suivant toutes les directions de l'espace.

Dans cette réalisation, l'espace accessible
30 par chaque plate-forme (dans un système de référence lié à la plate-forme précédente) est modélisé par des relations mathématiques liant les données d'espace accessible. Ces relations sont contenues dans le programme de calcul sus-évoqué qui est préalablement chargé dans les moyens de
35 mémorisation, en fonction de l'architecture du robot. Il est à noter que par "programme", on entend aussi bien une série d'instructions constituant un logiciel, que des circuits câblés aptes à exécuter des instructions définies par ces circuits. Cette réalisation plus légère en temps de calcul a
40 le défaut de conduire à une perte de possibilités de

mouvements en raison de la modélisation.

Dans un autre mode de réalisation, les moyens de stockage des données d'espace accessible comprennent des
5 moyens de mémorisation, stockant, pour chaque architecture, d'étages, une base de données découpée en zones correspondant à des noeuds d'un maillage spatial : chaque zone contient des données représentatives, d'une part, de la position du noeud correspondant, d'autre part, des rotations possibles en ce
10 noeud autour de directions prédéterminées.

Dans cette réalisation, l'espace accessible par chaque plate-forme (dans un système de référence lié à la plate-forme précédente) est découpé selon un maillage spatial et les situations des noeuds de ce maillage sont préalablement
15 mémorisées dans les moyens de mémorisation, en fonction de l'architecture du robot. Les temps de calcul deviennent alors très courts, mais l'espace mémoire nécessaire est beaucoup plus important que dans les cas précédents.

Le calcul de la configuration à partir des
20 données d'espace accessible stockées et des coordonnées opérationnelles saisies (situation finale à atteindre) est de préférence réalisé au moyen d'un programme de calculs itératifs, contenu dans les moyens de calcul de configuration. Ce programme comprend en particulier les étapes itératives
25 suivantes, après une étape d'initialisation consistant à adopter une configuration initiale du robot à laquelle correspond une situation initiale du terminal :

. calcul de la distance entre, d'une part, la situation du terminal correspondant à la configuration obtenue
30 à l'étape précédente et, d'autre part, la situation finale désirée,

. calcul de la matrice Jacobienne de déplacement associée à la configuration obtenue à l'étape précédente,

35 . exécution d'opérations logiques entre la matrice Jacobienne et la distance en vue de déterminer une nouvelle situation par plate-forme, l'ensemble desdites situations correspondant à une nouvelle configuration du robot,

40 . vérification de l'appartenance des

situations calculées à l'ensemble des situations accessibles pour chaque plate-forme et, en cas de non-appartenance d'une situation, substitution de celle-ci par une situation accessible,

. détermination de la situation du terminal correspondant à la nouvelle configuration,

. itération de cette procédure jusqu'à obtenir une distance entre la situation finale et la dernière situation calculée du terminal, inférieure à un écart prédéterminé.

Par "distance", on entend la distance mathématique dans un espace à n dimensions, où n est le nombre de coordonnées opérationnelles nécessaires pour représenter une situation (dans le cas le plus général : trois coordonnées de position et trois coordonnées d'orientation).

La procédure itérative ci-dessus définie procède donc par étape en utilisant pour l'étape en cours la configuration obtenue à l'étape précédente. Pour la première itération, on utilise une configuration initiale qui peut être soit entièrement conventionnelle, soit la configuration initiale réelle du robot calculée à partir des signaux issus des capteurs.

L'utilisation de l'outil mathématique constitué par la matrice Jacobienne de déplacement associée à la configuration du robot permet une linéarisation simple de la relation liant les coordonnées opérationnelles et l'ensemble des coordonnées généralisées représentatives de cette configuration. Cette relation est facile à utiliser pour déterminer, par ses coordonnées généralisées, une nouvelle configuration du robot à partir de la configuration précédente connue, par des opérations logiques telles que inversion de la matrice Jacobienne et multiplication par la distance (ou une fraction de celle-ci). Malgré le caractère simplificateur de la relation Jacobienne, la procédure itérative par pas successifs permet une convergence jusqu'à l'obtention d'une précision inférieure à un écart prédéterminé.

Les vérifications d'appartenance effectuées dans le processus itératif sus-défini consistent à tester si les situations de la nouvelle configuration sont ou non

accessibles, c'est-à-dire si la situation calculée de chaque plate-forme est une situation accessible de celle-ci. Dans la négative, la substitution consiste à remplacer la situation
5 calculée non valide par une situation accessible suivant un critère préétabli, notamment de proximité.

La détermination de la situation du terminal correspondant à la nouvelle configuration (le cas échéant avec substitution) s'effectue par un simple calcul géométrique à
10 partir de l'ensemble des situations calculées représentatives de la configuration. Cette détermination permet de calculer la distance pour l'étape d'itération suivante.

Par ailleurs, les moyens de saisie des coordonnées opérationnelles représentatives de la situation
15 finale à atteindre peuvent comprendre une interface homme/machine, adaptée pour permettre de saisir des coordonnées représentatives de la position spatiale finale à atteindre par l'origine d'un repère donné lié au terminal et/ou des coordonnées représentatives de l'orientation finale
20 à atteindre par ledit repère. Dans ce cas, ces moyens de saisie peuvent revêtir la forme d'un clavier de saisie, d'un écran tactile, d'un écran associé à un stylo de pointage électronique, d'un système de manipulation associé à un écran, d'un système de reconnaissance vocale, etc...

25 Ces moyens de saisie peuvent également comprendre une interface vers un moyen d'injection de coordonnées opérationnelles, stockées ou calculées par ailleurs, en vue de la réalisation de tâche en l'absence d'opérateur.

30 Ces moyens de saisie peuvent également comprendre, d'une part, un système de télédétection adapté pour détecter une cible à atteindre, d'autre part, des moyens de calcul adaptés pour délivrer à partir des signaux issus du système de télédétection, les coordonnées représentatives de
35 la position spatiale et/ou de l'orientation spatiale de la cible. Le système de télédétection, classique en lui-même (caméra notamment vidéo, système de capteurs magnétiques, ultrasonores ou infrarouges...) peut être embarqué sur le robot ou indépendant de celui-ci.

40 La structure de chaque étage du robot

conforme à l'invention peut être constituée selon le mode de réalisation suivant : les six actionneurs de chaque étage sont articulés, d'une part, sur la plate-forme de l'étage considéré 5 en trois zones distinctes de ladite plate-forme, d'autre part, sur la plate-forme de l'étage précédent (ou sur la base pour le premier étage) en trois zones distinctes de ladite plate-forme (ou de ladite base) ; de plus, ces six actionneurs peuvent être identiques, les trois zones d'articulation des 10 actionneurs sur la plate-forme de l'étage considéré et les trois zones d'articulation desdits actionneurs sur la plate-forme de l'étage précédent étant agencées aux sommets de triangles équilatéraux.

En outre, les plates-formes peuvent avoir des 15 formes diverses, fonctions de l'application. Généralement, elles seront réalisées par une structure triangulée creuse, préservant un passage central le long du robot en vue de loger un faisceau de transmission (alimentation et commande des actionneurs, transmission des signaux issus des capteurs, 20 éventuellement, alimentation et commande d'un terminal actif).

Le cas échéant, une ou plusieurs plates-formes peuvent être constituées par une membrure rigide de forme allongée, les actionneurs de l'étage concerné étant articulés sur une extrémité de ladite membrure, et les 25 actionneurs de l'étage suivant étant articulés sur l'extrémité opposée de ladite membrure. On obtient ainsi un robot plus filiforme, de portée accrue pour un nombre d'étage donné.

De plus, il est possible de prévoir des étages auxiliaires interposés entre les étages précités dits 30 étages modulaires, chaque étage auxiliaire étant composé d'une plate-forme, de deux, trois ou quatre actionneurs linéaires et d'un nombre complémentaire de barres rigides, de façon à obtenir une structure isostatique angulée fermée à six côtés, présentant une géométrie analogue à celle d'un étage 35 modulaire. Ces dispositions permettent, dans certaines applications, de simplifier le robot lorsque toutes les mobilités ne sont pas nécessaires.

L'invention ayant été exposée dans sa forme générale, d'autres caractéristiques, buts et avantages 40 ressortiront de la description qui suit en référence aux

12

dessins annexés qui en présentent, à titre d'exemples non limitatifs, des modes de réalisation ; sur ces dessins :

- la figure 1 est une vue schématique en perspective, avec arrachés partiels, d'un mode de réalisation de robot,
- la figure 2 est une coupe par un plan vertical AA' d'un étage du robot,
- la figure 3 est une vue de dessus d'une plate-forme avec le départ des actionneurs,
- la figure 4 est une vue schématique éclatée d'un actionneur linéaire,
- la figure 5 est une vue en perspective d'un détail, montrant une zone d'articulation d'une plate-forme,
- la figure 6 est une coupe de détail, par un plan vertical, d'une variante de robot,
- la figure 7 est un schéma bloc illustrant l'unité de commande du robot,
- les figures 8a et 8b sont des diagrammes illustrant un premier mode de détermination des situations accessibles pour une plate-forme,
- les figures 9a, 9b, 9c et 9d sont des schémas illustrant un autre mode de détermination de ces situations accessibles,
- les figures 10 et 11 sont des logigrammes illustrant la procédure itérative de détermination d'une configuration du robot par les moyens de calcul de configuration,
- la figure 12 est une vue schématique illustrant, en coupe, l'espace accessible en position par le robot et le processus itératif de détermination de la configuration correspondant à une situation à atteindre,
- les figures 13, 14 et 15 sont des vues schématiques de variantes de robot (zones d'articulation décalées, plate-forme de forme allongée, présence d'étages auxiliaires).

Le robot représenté à titre d'exemple comprend une architecture modulaire telle que schématisée aux figures 1 à 5, associée à une unité de commande dont le schéma bloc est fourni à la figure 7.

Ce robot comprend plusieurs étages superposés tel que premier étage $1p$, étages courants 1_{i-1} , 1_i , et dernier étage $1d$.

5 Chaque étage est essentiellement formé par une plate-forme 2, par six actionneurs linéaires identiques tels que 3a, 3b, 3c, 3d, 3e et 3f pour l'étage courant et par un jeu de capteurs tels que schématisés en 4a, 4b, 4c à la figure 2 (dans un souci de simplification, ces capteurs n'ont
10 pas été représentés à la figure 1).

Les vérins du premier étage $1p$ sont attelés sur une base 5 qui peut être formée par une plate-forme 5a fixée sur un socle 5b.

La plate-forme 6 du dernier étage $1d$ porte un
15 terminal 7 adapté à la tâche à accomplir (pince dans l'exemple représenté, éventuellement associée à une caméra de télédétection).

Le nombre d'étages est au moins égal à 2 et sera en pratique de l'ordre de 4 à 12, ce nombre modifiable
20 étant adapté à la tâche à accomplir.

En l'exemple représenté, chaque plate-forme telle que 2 est constituée par trois blocs d'articulations 8a, 8b, 8c disposés aux sommets d'un triangle équilatéral et reliés par des entretoises 9a, 9b, 9c agencées en triangle.

25 Chaque bloc d'articulation est formé par un tronçon de poutre coudée 10 à section en forme de H portant au-dessus et au-dessous de sa semelle des axes d'articulations tels que 11 reliés aux joues de la poutre. Chaque axe 11 est pourvu d'une partie sphérique 12 guidant une autre partie
30 sphérique 13 solidaire de l'extrémité de la tige de l'actionneur considéré, l'ensemble 11, 12, 13 formant une rotule qui autorise une rotation, d'une part, autour de l'axe 11, d'autre part, autour de l'axe longitudinal de la tige d'actionneur, enfin autour d'un troisième axe, orthogonal
35 aux deux autres.

Dans l'exemple décrit, sur chaque plate-forme, les trois zones d'articulation des actionneurs de l'étage (au-dessous de la semelle) sont superposées avec les trois zones d'articulation des actionneurs de l'étage suivant
40 (au-dessus de la semelle), ce qui permet de prévoir uniquement

trois blocs d'articulation par plate-forme.

Les entretoises 9a, 9b, 9c sont soudées entre les blocs d'articulation 8a, 8b, 8c et en l'exemple, formées 5 par des poutres à section rectangulaire.

On conçoit la simplicité structurelle d'une telle plate-forme qui, soumise uniquement à des contraintes en traction/compression, présente un excellent rapport charge admissible/masse.

10 Les six actionneurs de chaque étage sont en l'exemple constitués par des actionneurs linéaires électriques de type connu en soi, tel que représenté à la figure 4. Chaque actionneur comprend un moteur électrique 14 porté par un carter 15 logeant un réducteur 16 qui entraîne en rotation une 15 vis 17 logée dans une extension cylindrique du carter 15.

Le carter 15 est articulé sur une plate-forme par l'entremise d'une rotule telle que déjà décrite.

En outre, chaque actionneur comprend un écrou 18 en prise avec la vis 17 et solidaire d'un 20 fourreau 19. Ce fourreau est claveté avec l'extension du carter afin de pouvoir coulisser par rapport à celle-ci sans rotation relative. L'extrémité du fourreau 19 est articulée par l'entremise d'une rotule telle que décrite sur la plate-forme voisine.

25 Bien entendu, d'autres types d'actionneurs peuvent être prévus (vérins hydrauliques, pneumatiques...).

Les six actionneurs d'un étage sont agencés comme le montrent les figures, selon une architecture angulée fermée, de sorte que deux actionneurs voisins soient 30 articulés, pour une plate-forme, sur le même bloc d'articulation et, pour la plate-forme voisine, sur deux blocs voisins.

En l'exemple représenté aux figures 1 et 2, les actionneurs voisins sont positionnés tête-bêche.

35 La rotation parasite de chaque actionneur, autour de son axe longitudinal est neutralisée, en l'exemple, par des ressorts tels que 20 qui relient les moteurs 14 entre eux (tout autre système pouvant être prévu).

Chaque actionneur électrique est associé à un 40 capteur tel que 4a, 4b, 4c, apte à délivrer un signal

représentatif de la longueur dudit actionneur. Par exemple, ces capteurs sont des capteurs linéaires à piste résistive, ayant un corps cylindrique solidaire de l'extension du 5 carter 15 de l'actionneur et une tige mobile, fixée par son extrémité sur une patte solidaire du fourreau 19 dudit actionneur.

Les liaisons électriques vers les capteurs et les moteurs ainsi que vers le terminal si celui-ci est actif, 10 sont guidées par une gaine symbolisée en 21 aux figures 1 et 2, passant dans les évidements centraux des plates-formes et courant le long du robot. Dans le cas d'un terminal hydraulique ou pneumatique, cette gaine contient également les conduits de fluide appropriés.

15 Le robot peut par ailleurs être extérieurement habillé d'une protection souple reliée aux plates-formes (par exemple soufflets fixés autour des plates-formes).

La figure 6 est une vue partielle d'une 20 variante d'étage, dans laquelle les rotules précédentes sont remplacées par des cardans 22. Chaque cardan permet une rotation autour de deux axes perpendiculaires. Dans ce cas, le fourreau 19' de l'actionneur n'est plus claveté sur l'extension du carter 15' afin de permettre la rotation de ces 25 deux éléments.

De plus, la tige mobile de chaque capteur 4' est solidaire d'une patte qui peut tourner autour du fourreau 19'.

En outre, dans l'exemple représenté, les 30 actionneurs d'un étage sont tous positionnés dans le même sens, avec leur moteur en partie basse, afin d'abaisser le centre de gravité de l'ensemble du robot.

De plus, dans cet exemple, chaque plate-forme est constituée de deux plateaux identiques 37, 38 assemblés 35 l'un sur l'autre par vis et écrous, avec des pions de centrage en vue de leur positionnement relatif. Les plateaux représentés à la figure ont une forme circulaire.

Ce mode de réalisation permet des modifications de robot plus aisées. En effet, cette 40 disposition fait apparaître des modules constitués par un

plateau inférieur, le système de vérins et capteurs et un plateau supérieur, très faciles à ajouter ou supprimer sans modification des fixations des actionneurs.

5 La figure 7 est un schéma bloc montrant l'unité de commande du robot, avec les liaisons symbolisées vers les divers étages du robot. Dans cet exemple, le terminal porte une pince et une caméra D.T.C. (dispositif à transfert de charge) symbolisée en 24.

10 L'unité de commande peut être logée dans une armoire qui est schématisée en 23 à la figure 1 près du socle 5.

Cette unité de commande comprend essentiellement les ensembles électroniques suivants : moyens
15 de saisie 25 de coordonnées opérationnelles représentatives de la situation finale du terminal à atteindre, moyens de stockage 26 des données d'espace accessible par chaque plate-forme, moyens de calcul de configuration 27, moyens de calcul d'états 28, moyens auxiliaires de mémorisation d'états 29,
20 interface d'asservissement 30.

Les moyens de saisie 25 sont équipés d'une interface homme/machine 31 qui permet une entrée directe des coordonnées opérationnelles de la situation finale à
25 atteindre : coordonnées de position du centre du terminal et coordonnées d'orientation, dans un trièdre de référence.

La saisie peut également fonctionner en mode télédétection grâce à la caméra 24 qui délivre un flot d'informations séquencées vers une unité intermédiaire de traitement 32 adaptée pour élaborer et délivrer les
30 coordonnées opérationnelles sus-évoquées représentatives de la situation finale à atteindre pour le terminal. La caméra 24 et l'unité de traitement 32 sont formées par tout système de télédétection de type connu en soi, apte à reconnaître une cible à atteindre (pièce mécanique...), à en extraire une
35 information de position et/ou d'orientation et à délivrer un signal électrique représentatif des coordonnées correspondantes de la cible dans un repère lié à la caméra (par exemple système de télédétection "VISIONMAT", réalisé par les Sociétés "ALLEN-BRADLEY" et "ROBOTRONICS"). De plus, les
40 moyens de saisie 25 peuvent comprendre un sous-ensemble de

conversion 25a, adapté pour transformer, en cas de besoin, les coordonnées représentatives de la situation de la cible dans le repère lié à la caméra en coordonnées opérationnelles par rapport à un système de référence lié à la base du robot.

Par ailleurs, selon un premier mode de réalisation, les moyens de stockage 26 comprennent des mémoires contenant des données représentatives des possibilités de déplacement des différents composants utilisés : actionneurs et liaisons de ceux-ci sur les plateformes. Dans le cas le plus complexe, où tous les actionneurs et toutes les liaisons seraient différents, le nombre de données à mémoriser est de 4 par actionneur (longueur minimum, longueur maximum, angle maximum de pivotement de sa liaison de base, angle maximum de pivotement de sa liaison de tête), soit pour l'ensemble du robot : $24n$ (où n est le nombre d'étage).

Toutefois, en pratique, les actionneurs et liaisons d'un étage seront identiques entre eux, ce qui réduira à 4 le nombre de paramètres représentatifs de l'espace accessible de cet étage. De plus, certains étages peuvent être identiques et le nombre de données à mémoriser devient égal à $4n'$, où $n' \leq n$ correspond au nombre de types différents d'étages. On conçoit donc qu'une telle mémorisation est très légère en espace mémoire nécessaire.

Selon un autre mode de réalisation, les moyens de stockage 26 comprennent des mémoires contenant, pour chaque architecture d'étage, des relations liant les données d'espace accessibles constituées en l'exemple, d'une part, par les positions x, y, z du centre de la plate-forme par rapport à la plate-forme précédente, d'autre part, en chaque position, par la rotation possible α autour de toutes les directions de l'espace. Par rotation possible α , on entend pour une position donnée, la plus petite valeur parmi l'ensemble des angles de rotation maximum autour de toutes les directions. Ainsi, quelle que soit la direction de l'espace, la plate-forme est assurée de pouvoir tourner de cet angle α lorsqu'elle se trouve dans la position considérée.

Pour un robot ayant des étages identiques, les espaces accessibles sont identiques pour toutes les plates-formes et peuvent être modélisés par des relations

mathématiques entre les trois coordonnées de position x , y , z , et la rotation possible α , du type :

$$f(x, y, z, \alpha) = 0$$

5 Si les plates-formes ne sont pas identiques, sont mémorisées autant de relations de ce type qu'il y a de type de plate-forme.

La figure 8a est un diagramme donnant l'angle possible α en fonction de x , y et z . Cette famille de courbe
10 obtenue point par point par le calcul présente une discontinuité et peut être modélisée par deux familles de droites telles que schématisées au diagramme de la figure 8b. Ces droites sont représentées par des équations du type précité et sont stockées dans les moyens 26 sous forme d'un
15 programme de calcul apte à résoudre ces équations. (On peut constater que pour une altitude z optimum, les angles possibles α passent par un maximum).

Selon un autre mode de réalisation, les données d'espace accessible par chaque plate-forme sont
20 stockées dans les moyens de stockage 26 sous la forme d'une base de données.

La figure 9a symbolise l'espace accessible, en position, par le centre d'une plate-forme par rapport à la plate-forme précédente. Les figures 9b, 9c et 9d sont des
25 coupes horizontales de cet espace à différentes hauteurs, respectivement H_1 , H_2 , H_3 .

Cet espace accessible est découpé en un maillage à trois dimensions et, pour chaque nœud du maillage, est stocké un tableau, lui-même à trois dimensions, comme le
30 schématise la figure 9b, relatif aux rotations possibles en ce nœud. A cet effet, de même que les positions sont discrétisées par le maillage, les rotations sont discrétisées par amplitudes (par exemple, degré par degré). Par exemple, dans un tableau affecté à un nœud donné, une case donnée
35 correspond à trois valeurs discrètes d'angles de rotation prédéterminées (r_1 , r_2 , r_3) et contient une information en binaire de possibilité ou d'impossibilité de satisfaire la combinaison r_1 , r_2 , r_3 au nœud x , y , z . La base de données est préalablement établie par le calcul en établissant par un
40 maillage conventionnel les nœuds et les tableaux

correspondant et en testant la possibilité ou l'impossibilité pour chaque case de chaque tableau (compte-tenu des positions et orientations correspondant à ladite case), la base de 5 donnée étant ensuite stockée dans les mémoires des moyens 26.

Ce stockage grâce à un maillage présente l'avantage de modéliser de façon plus réaliste l'espace accessible que la solution précédente (et donc de perdre moins de situations réellement accessibles), mais l'inconvénient 10 d'être plus lourd en besoin de mémorisation et stratégie de vérification. Il faut souligner que la première solution est la plus performante car elle épouse de façon très étroite les réelles possibilités de mouvement des actionneurs.

Les moyens de calcul de configuration 27 sont 15 destinés à déterminer une configuration de robot (par l'ensemble des coordonnées généralisées : coordonnées d'un repère lié à chaque plate-forme par rapport à la plate-forme précédente ou à la base) dans laquelle le terminal se trouve dans la situation finale à atteindre (position, orientation).

20 Ces moyens de calcul de configuration constitués par un processeur de type connu en soi comprennent un programme de calcul itératif dont le logigramme est dessiné à la figure 10.

Pour démarrer le calcul itératif, ces moyens 25 de calcul font l'acquisition de la situation finale à atteindre par le terminal X_d (coordonnées opérationnelles saisies : position, orientation) et d'une situation initiale X dudit terminal. Cette dernière peut être représentée par des coordonnées arbitraires préalablement stockées dans une 30 mémoire auxiliaire du processeur ou par des coordonnées calculées au cours d'une étape préalable à partir des signaux issus des capteurs (représentant alors la configuration réelle du robot à l'instant considéré) ; dans ce dernier cas, le processeur est doté d'un organe de calcul auxiliaire qui est 35 apte à fournir les coordonnées opérationnelles correspondant à une configuration donnée.

La première opération de calcul itératif consiste à calculer la distance mathématique d entre la situation finale et la situation initiale préalablement 40 acquises. Cette distance est déterminée par un calcul

vectorel, terme à terme.

On teste si la distance obtenue est ou non inférieure à un écart prédéterminé -e- (comparaison de la norme de la distance par rapport au scalaire -e-). Dans l'affirmative, le processus s'arrête, puisque la configuration du robot (soit initiale, soit calculée à l'étape précédente) constitue la solution (à l'écart -e- près admis).

Dans la négative, on calcule la matrice Jacobienne de déplacement [J] correspondant à la configuration initiale ou à la configuration obtenue à l'étape précédente.

Comme connu, la matrice Jacobienne de déplacement est constituée de termes représentant chacun la dérivée première des coordonnées opérationnelles par rapport à chacune des coordonnées généralisées de tous les étages. Le terme i, j , de cette matrice Jacobienne est ainsi égal à $\frac{\partial f_i}{\partial q_j}$,

où f est la relation liant les coordonnées généralisées notées q aux coordonnées opérationnelles notées X : $X = f(q)$,
 i variant de 1 à n , où n est le nombre de coordonnées opérationnelles représentatives d'une situation finale,
 j variant de 1 à m , où m est le nombre total de coordonnées généralisées représentatives d'une configuration du robot.

On exécute ensuite deux opérations logiques sur la matrice Jacobienne : en premier lieu, une opération d'inversion de la matrice Jacobienne suivant un critère préétabli, ensuite une opération de multiplication de la matrice inversée [Jinv] par la distance d ou une fraction de celle-ci ($r.d$).

On sait que l'inversion d'une matrice Jacobienne rectangulaire (non carrée) conduit à plusieurs solutions et le critère préétabli permet d'en choisir une. En particulier, ce choix peut être effectué de façon à minimiser la norme euclidienne des incréments des coordonnées généralisées de tous les étages. La matrice inversée est alors la matrice connue sous le nom de "pseudo-inverse de Moore-Penrose". Ce choix conduit à minimiser à chaque étape le déplacement de chaque plate-forme. Bien entendu, d'autres critères de choix d'inverse peuvent être utilisés, tendant par exemple à favoriser le déplacement des étages supérieurs par

rapport à ceux proches du socle (afin de réduire les masses déplacées). (On pourra se reporter à la publication suivante, fournissant tout détail sur les matrices Jacobiennes et leurs inverses : "Génération de mouvements en robotique. Application des inverses généralisées A. FOURNIER, Thèse de Doct. d'état, 1980 MONTPELLIER").

L'opération de multiplication avec la distance ou une fraction de celle-ci fournit un ensemble d'incréments $[j_{inv}] (r.d)$ qui sont ensuite ajoutés aux coordonnées généralisées q représentant la configuration du robot à l'étape précédente pour obtenir de nouvelles coordonnées généralisées représentant la nouvelle configuration de robot.

Lorsque la distance d est grande, il est souhaitable d'opérer la multiplication par une fraction $(r.d)$ ($r < 1$) de cette distance, afin d'obtenir une convergence non oscillante. Ce coefficient peut être modifié en fonction de la distance à chaque itération.

Les simulations ont montré que cette procédure itérative utilisant la matrice Jacobienne permet une convergence relativement rapide et fiable vers la situation finale à atteindre par le terminal.

La procédure itérative se poursuit par un test de vérification d'appartenance des situations représentées par les coordonnées généralisées obtenues, avec les situations accessibles représentées par les données d'espace accessible stockées dans les moyens de stockage 26.

En cas d'appartenance des situations calculées à l'ensemble des situations accessibles, on valide la nouvelle configuration pour passer à l'étape suivante de calcul.

En cas de non-appartenance, on substitue à chaque situation calculée inadmissible une situation accessible proche, choisie suivant un critère préétabli. Par exemple, en se reportant au diagramme des situations accessibles de la figure 8b, si l'on suppose que la situation non accessible d'une plate-forme est représentée par le point P (p, z_p, t_p), le critère de substitution peut consister à rechercher une situation accessible, d'abord en

modifiant $-t-$, puis si nécessaire en modifiant Z , enfin, si nécessaire, en modifiant α . Dans le cas du point P , on modifie d'abord la valeur $-t-$ pour lui donner une valeur 0, puis on modifie l'ordonnée Z jusqu'au point P' où l'on atteint une situation accessible ($p, Zp', 0$). Ce critère de substitution privilégie les rotations. Bien entendu, d'autres critères peuvent être utilisés selon l'application.

Par exemple, le logigramme de la figure 11 illustre un programme particulier de mise en oeuvre des opérations op de vérification et de substitution (mises en évidence dans un cadre discontinu à la figure 10). Ce logigramme se rapporte au cas où est stockée dans les moyens de mémorisation une base de données contenant pour chaque vérin les longueurs, minimale et maximale, et angles maximum de pivotement par rapport aux normales aux deux plate-formes voisines.

A partir de la configuration calculée (point A des logigrammes), c'est-à-dire des coordonnées généralisées de chaque étage, on effectue le calcul des longueurs correspondantes li des 6 vérins de chaque étage (calcul vectoriel traditionnel).

Un test sur chaque longueur li ainsi calculée est réalisé : si l'une des longueurs li se trouve en dehors de la plage longueur minimale - longueur maximale (sortie : non), l'on met en oeuvre un programme de substitution consistant à faire varier de façon homothétique toutes les longueurs calculées en vue de ramener les valeurs de dépassement à l'intérieur de la plage autorisée.

A partir des nouvelles longueurs ainsi définies, on calcule les nouvelles coordonnées généralisées pour l'étage considéré (calcul itératif classique faisant intervenir une matrice Jacobienne carrée).

Au point B du logigramme, l'on dispose des coordonnées généralisées de chaque étage (soit directes, soit substituées) et l'on effectue le calcul des deux angles χ_i que l'axe de chaque vérin forme avec les normales aux deux plate-formes contiguës (calcul trigonométrique traditionnel).

Un test sur chaque angle χ_i ainsi calculé est réalisé : si l'un des angles χ_i dépasse sa valeur maximale

(sortie : non), l'on met en oeuvre un programme de substitution par approximations successives (méthode de dichotomie) ; ce programme consiste à réduire les longueurs l_i dans un rapport donné par rapport à une longueur moyenne, puis à calculer les angles γ_i correspondants et à refaire le test de non-dépassement, ces opérations étant répétées jusqu'à ce que les angles calculés deviennent au plus égal aux valeurs maximales admissibles.

10 A cet instant, l'on calcule les coordonnées généralisées de l'étage qui serviront au calcul de la nouvelle situation du terminal pour l'itération considérée. Ce calcul fournit ainsi une configuration de robot, pour laquelle toutes les situations de plate-forme sont accessibles. La figure 12
15 illustre les configurations du robot, aux étapes d'itération $k - 1$ et k .

A partir de la nouvelle configuration ainsi calculée (directe ou substituée), l'on détermine les coordonnées opérationnelles correspondantes du terminal.

20 Cette détermination s'effectue par un calcul géométrique consistant à calculer les coordonnées opérationnelles du terminal (par rapport à un repère lié au socle) à partir des coordonnées généralisées de tous les étages (ensemble des coordonnées de chaque plate-forme dans un
25 repère lié à chaque plate-forme précédente). Ce calcul classique utilise en particulier des matrices de passage d'un repère lié à un étage à un autre lié à l'étage précédent pour calculer de proche en proche les coordonnées absolues des plates-formes depuis la base jusqu'au terminal.

30 A partir de ces nouvelles coordonnées opérationnelles, on calcule une nouvelle distance $d = X_d - X$ en vue d'une nouvelle étape itérative, comme l'illustre la boucle du logigramme de la figure 10.

Les moyens de calcul de configuration 27
35 comprennent un compteur d'étapes itératives afin d'arrêter le processus lorsqu'un nombre déterminé d'itérations est atteint sans obtention du résultat (c'est-à-dire $d < e$). En pratique, ce nombre sera fonction de l'application et de la précision
-e- désirée (de l'ordre de 10 à 50). On estime alors que la
40 situation à atteindre par le terminal est en dehors du domaine

accessible du robot.

Pour chaque étage, les coordonnées généralisées obtenues à l'issue du calcul itératif sont
5 délivrées vers les moyens de calcul d'états 28, qui les transforment, pour chaque actionneur de l'étage considéré, en informations d'états représentatives de l'état que doivent
prendre ces actionneurs pour disposer l'étage considéré dans la situation calculée qui lui correspond.

10 La situation de la plate-forme de chaque étage étant connue par rapport à la plate-forme précédente (position, orientation), le calcul des états consiste en un calcul géométrique des longueurs entre points d'articulations des actionneurs.

15 Les moyens de calcul d'états délivrent pour chaque étage six scalaires représentatifs desdites longueurs entre points d'articulations, vers l'interface d'asservissement 30. Cette dernière, qui peut être de type classique "P.I.D." (commande "proportionnelle, intégrale,
20 dérivée"), est soit numérique, soit analogique avec conversion.

A la fin des rotations des moteurs électriques des actionneurs, le robot prend physiquement la forme de la configuration calculée.

25 Les longueurs des actionneurs, qui correspondent à des situations finales de terminal spécifiques, peuvent être mémorisées dans les moyens 29 de mémorisation d'états, afin d'effectuer des tâches répétitives sans refaire les calculs de configuration, les informations
30 d'états étant alors injectées directement dans l'interface d'asservissement 30.

Par ailleurs, la figure 13 présente une variante architecturale de robot, dans laquelle chaque plate-
forme 33 est formée par une couronne (treillis ou couronne
35 pleine) dotée de trois zones en saillie du côté supérieur et de trois zones en saillie du côté inférieur. Ces zones sont angulairement décalées de 60°. Les zones en saillie supérieures portent chacune l'articulation de deux actionneurs de l'étage, cependant que les zones en saillie inférieures
40 portent chacune l'articulation de deux actionneurs de l'étage

suivant.

On obtient ainsi une structure où les étages s'interpénètrent, donc plus compacte. Toutefois, cet avantage s'obtient au prix de contraintes en flexion dans les plates-formes.

La figure 14 illustre un autre mode de réalisation de robot, qui se différencie des précédents par la forme allongée des plates-formes, les autres caractéristiques étant identiques. Chaque plate-forme 34 est constituée par une membrure rigide allongée : cylindre tubulaire ou treillis. Les actionneurs d'un étage sont articulés sur une extrémité 34a de la plate-forme de l'étage considéré, les actionneurs de l'étage suivant étant articulés sur l'extrémité opposée 34b de ladite plate-forme.

Un tel robot est apte à couvrir un domaine très étendu eu égard au nombre d'étages, mais au prix d'un espace de travail du robot plus limité à proximité immédiate de la base.

La figure 15 illustre une autre variante dans laquelle des étages auxiliaires tels que 35 sont interposés entre étages modulaires déjà décrits du robot.

Chaque étage auxiliaire présente une géométrie analogue à celle des étages modulaires, mais deux, trois ou quatre actionneurs sont remplacés par des barres rigides telles que 36, de façon à obtenir une structure isostatique angulée fermée à six éléments. Dans l'exemple dessiné, ces six éléments sont formés par quatre actionneurs et deux barres rigides.

La longueur des barres rigides 36 est choisie en rapport avec celle (minimale ou maximale) des actionneurs afin de décaler l'emplacement de l'espace de travail du robot vers tel ou tel secteur.

Un tel robot est intéressant dans certaines applications où une très grande redondance serait superflue, car il permet de réduire le coût de la structure et celui de la commande (en raison du nombre d'actionneurs réduit), tout en conservant la géométrie triangulée de la structure et les avantages inhérents à celle-ci (grande légèreté vis-à-vis des charges admissibles).

REVENDICATIONS

1/ - Robot permettant de déplacer un terminal (7) depuis une situation initiale vers une situation finale, du type redondant et modulaire comprenant au moins deux étages disposés les uns à la suite des autres, dont un premier étage solidaire d'une base et, à l'opposé, un dernier étage portant le terminal, chaque étage (1i) étant composé d'une plate-forme (2) et de six actionneurs linéaires (3a-3f), chacun articulé, vers une extrémité, sur la plate-forme de l'étage considéré par une liaison de type rotule, et vers son extrémité opposée, sur la plate-forme de l'étage précédent (ou sur la base pour le premier étage) par une liaison du même type, ces six actionneurs linéaires étant agencés selon une architecture angulée fermée de sorte que deux actionneurs voisins se trouvent articulés au voisinage l'un de l'autre sur une plate-forme et se trouvent, au contraire, articulés à distance sur l'autre plate-forme afin de former un angle entre eux, chaque étage comprenant un système de capteurs (4a-4c), adapté pour délivrer des signaux représentatifs de la situation relative de la plate-forme dudit étage par rapport à celle de l'étage précédent (ou par rapport à la base pour le premier étage),

ledit robot étant caractérisé en ce qu'il comprend une unité de commande associée aux actionneurs, constituée par :

- . des moyens (26) de stockage de données, dites données d'espace accessible, représentatives de situations accessibles par chaque plate-forme dans un système de référence lié à l'étage précédent (ou à la base pour le premier étage),

- . des moyens (25) de saisie de coordonnées opérationnelles représentatives de la situation finale à atteindre,

- . des moyens de calcul (27), dits moyens de calcul de configuration, agencés pour accéder aux moyens (26) de stockage des données d'espace accessible et pour recevoir les coordonnées opérationnelles issues des moyens de saisie (25), lesdits moyens de calcul de configuration étant adaptés pour déterminer une configuration du robot pour laquelle le terminal (7) est situé dans la situation finale et

pour délivrer des coordonnées généralisées représentatives de ladite configuration ou une information d'impossibilité,

. des moyens de calcul (28), dits moyens
5 de calcul d'états, agencés pour recevoir les coordonnées généralisées représentatives de la configuration du robot et adaptés pour calculer, pour chaque étage, des informations d'état correspondant de ses six actionneurs linéaires,

. une interface d'asservissement (30),
10 agencée pour recevoir les informations d'état issues des moyens (28) de calcul d'états ainsi que les signaux issus du système de capteurs (4a, 4c) et adaptée pour délivrer des grandeurs de commande propres à asservir chacun des actionneurs linéaires.

15 2/ - Robot selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de stockage des données d'espace accessible comprennent des moyens de mémorisation, stockant pour chaque architecture d'étages une base de données contenant, pour chaque actionneur de l'étage considéré, les
20 longueurs minimale et maximale de cet actionneur et les angles maximum que peut prendre ledit actionneur par rapport aux normales aux deux plate-formes auxquelles aboutit ledit actionneur.

 3/ - Robot selon la revendication 1,
25 caractérisé en ce que les moyens (26) de stockage des données d'espace accessible comprennent des moyens de mémorisation d'un programme de calcul, contenant pour chaque architecture d'étage, des relations liant la position (x, y, z) du centre de la plate-forme de l'étage par rapport à la plate-forme
30 voisine et la rotation possible (α) de ladite plate-forme suivant toutes les directions de l'espace.

 4/ - Robot selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens (26) de stockage des données d'espace accessible comprennent des moyens de mémorisation,
35 stockant, pour chaque architecture d'étages, une base de données découpée en zones correspondant à des noeuds d'un maillage spatial, chaque zone contenant des données représentatives, d'une part, de la position du noeud correspondant (x, y, z), d'autre part, des rotations
40 discrétisées en ce noeud autour de directions prédéterminées

(r_1, r_2, r_3) .

5/ - Robot selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les moyens (25) de saisie des 5 coordonnées opérationnelles représentatives de la situation finale à atteindre comprennent une interface homme/machine (31), adaptée pour permettre de saisir les coordonnées représentatives de la position spatiale finale à atteindre pour un point donné lié au terminal et/ou des coordonnées 10 représentatives de l'orientation finale à atteindre pour ledit terminal.

6/ - Robot selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les moyens (25) de saisie des coordonnées opérationnelles représentatives de la situation 15 finale à atteindre comprennent, d'une part, une caméra de télédétection (24) adaptée pour détecter une cible à atteindre, d'autre part, des moyens de traitement (32) adaptés pour délivrer à partir des signaux issus de la caméra de télédétection, les coordonnées représentatives de la position 20 spatiale et/ou de l'orientation spatiale de la cible dans un repère lié à la caméra.

7/ - Robot selon l'une des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que les moyens (25) de saisie comprennent un sous-ensemble (25a) de conversion des coordonnées, adapté 25 pour transformer les coordonnées issues des moyens de traitement (32) en coordonnées opérationnelles par rapport à un système de référence lié à la base du robot.

8/ - Robot selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les moyens (27) de calcul de 30 configuration sont reliés aux moyens de stockage (26) et moyens de saisie (25) et contiennent un programme de calculs itératifs selon la procédure suivante :

. calcul de la distance entre, d'une part, la situation du terminal correspondant à la configuration obtenue 35 à l'étape précédente et, d'autre part, la situation finale désirée,

. calcul de la matrice Jacobienne de déplacement associée à la configuration obtenue à l'étape précédente,

. exécution d'opérations logiques entre la

matrice Jacobienne et la distance en vue de déterminer une nouvelle situation par plate-forme, l'ensemble desdites situations étant représentatives d'une nouvelle configuration
5 du robot,

. vérification de l'appartenance de ces situations avec les situations accessibles pour chaque plate-forme et, en cas de non-appartenance, substitution de la situation calculée par une situation accessible,

10 . détermination de la situation du terminal correspondant à la nouvelle configuration,

. itération de cette procédure jusqu'à obtenir une distance entre la situation finale et la dernière situation calculée du terminal, inférieure à un écart
15 prédéterminé.

9/ - Robot selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens (27) de calcul de configuration contiennent un programme dans lequel les opérations logiques entre matrice Jacobienne et distance
20 consistent successivement, à exécuter une opération d'inversion de la matrice Jacobienne suivant un critère pré-établi, à exécuter une opération de multiplication de la matrice inversée par la distance en vue d'obtenir un ensemble d'incréments, et à exécuter une opération d'addition desdits
25 incréments aux coordonnées généralisées correspondant à la configuration précédente en vue d'obtenir les coordonnées généralisées de la nouvelle configuration.

10/ - Robot selon les revendications 2 et 8 prises ensemble, caractérisé en ce que les moyens (27) de
30 calcul de configuration contiennent un programme de vérification d'appartenance consistant, à chaque itération, à calculer, pour la nouvelle configuration de chaque étage, la longueur des actionneurs et leurs angles par rapport aux normales aux plate-formes, et à comparer ces longueurs et
35 angles à ceux contenus dans les moyens de stockage d'espace accessible en vue de détecter les valeurs de dépassement.

11/ - Robot selon l'une des revendications 8, 9 ou 10, caractérisé en ce que les moyens (27) de calcul de configuration contiennent un programme de substitution dans
40 lequel la substitution opérée en cas de non appartenance d'une

situation calculée à l'ensemble des situations accessibles pour une plate-forme déterminée, consiste à calculer les coordonnées généralisées représentatives de la situation accessible la plus proche suivant un critère pré-établi et à substituer ces coordonnées aux coordonnées calculées pour ladite plate-forme.

12/ - Robot selon les revendications 10 et 11 prises ensemble, caractérisé en ce que les moyens (27) de calcul de configuration comprennent un programme de substitution consistant, en cas de valeur de dépassement, à faire varier de façon homothétique les longueurs et angles des actionneurs de l'étage concerné en vue d'amener la ou les valeurs de dépassement à l'intérieur de la plage autorisée, et à calculer les coordonnées généralisées de la nouvelle situation résultante.

13/ - Robot selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de capteurs (4a-4c) comprend un capteur monté sur chaque actionneur linéaire, apte à délivrer un signal représentatif de la longueur dudit actionneur.

14/ - Robot selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les six actionneurs (3a, 3f) de chaque étage sont articulés, d'une part, sur la plate-forme (2) de l'étage considéré en trois zones distinctes de ladite plate-forme, d'autre part, sur la plate-forme de l'étage précédent (ou sur la base pour le premier étage) en trois zones distinctes de ladite plate-forme (ou de ladite base).

15/ - Robot selon la revendication 14, dans lequel les six actionneurs (3a, 3f) de chaque étage sont identiques, les trois zones d'articulation des actionneurs sur la plate-forme de l'étage considéré et les trois zones d'articulation desdits actionneurs sur la plate-forme de l'étage précédent étant agencées aux sommets de triangles équilatéraux.

16/ - Robot selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que, sur une plate-forme donnée, les trois zones d'articulation des actionneurs de l'étage correspondant sont approximativement superposées avec les

trois zones d'articulation des actionneurs de l'étage suivant.

17/ - Robot selon la revendication 16, caractérisé en ce que chaque plate-forme comprend trois blocs d'articulation (8a, 8b, 8c) reliés par des entretoises en triangle (9a, 9b, 9c), chaque bloc d'articulation étant adapté pour recevoir les liaisons de type rotule de quatre actionneurs linéaires appartenant aux deux étages situés de part et d'autre de la plate-forme considérée.

10 18/ - Robot selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que, sur une plate-forme (33) donnée, les trois zones d'articulation des actionneurs de l'étage correspondant sont angulairement décalées de 60° par rapport aux trois zones d'articulation des actionneurs de l'étage 15 suivant.

19/ - Robot selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce qu'au moins une plate-forme est constituée par une membrure rigide de forme allongée (34), les actionneurs de l'étage concerné étant articulés sur une 20 extrémité (34a) de ladite membrure, et les actionneurs de l'étage suivant étant articulés sur l'extrémité opposée (34b) de ladite membrure.

20/ - Robot selon l'une des revendications 14, 15 ou 18, caractérisé en ce qu'il comprend des étages 25 auxiliaires (35) interposés entre les étages précités dits étages modulaires, chaque étage auxiliaire étant composé d'une plate-forme, de deux, trois ou quatre actionneurs linéaires et d'un nombre complémentaire de barres rigides (36), de façon à obtenir une structure isostatique angulée fermée à six 30 éléments présentant une géométrie analogue à celle d'un étage modulaire.

21/ - Robot selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque plate-forme (2) est évidée dans sa zone centrale, de façon à préserver un passage 35 central courant le long du robot en vue de loger un faisceau de transmission (alimentation et commande des actionneurs, transmission des signaux issus des capteurs, le cas échéant, alimentation et commande d'un terminal actif).

22/ - Robot selon l'une des revendications 40 précédentes, caractérisé en ce que chaque plate-forme comprend

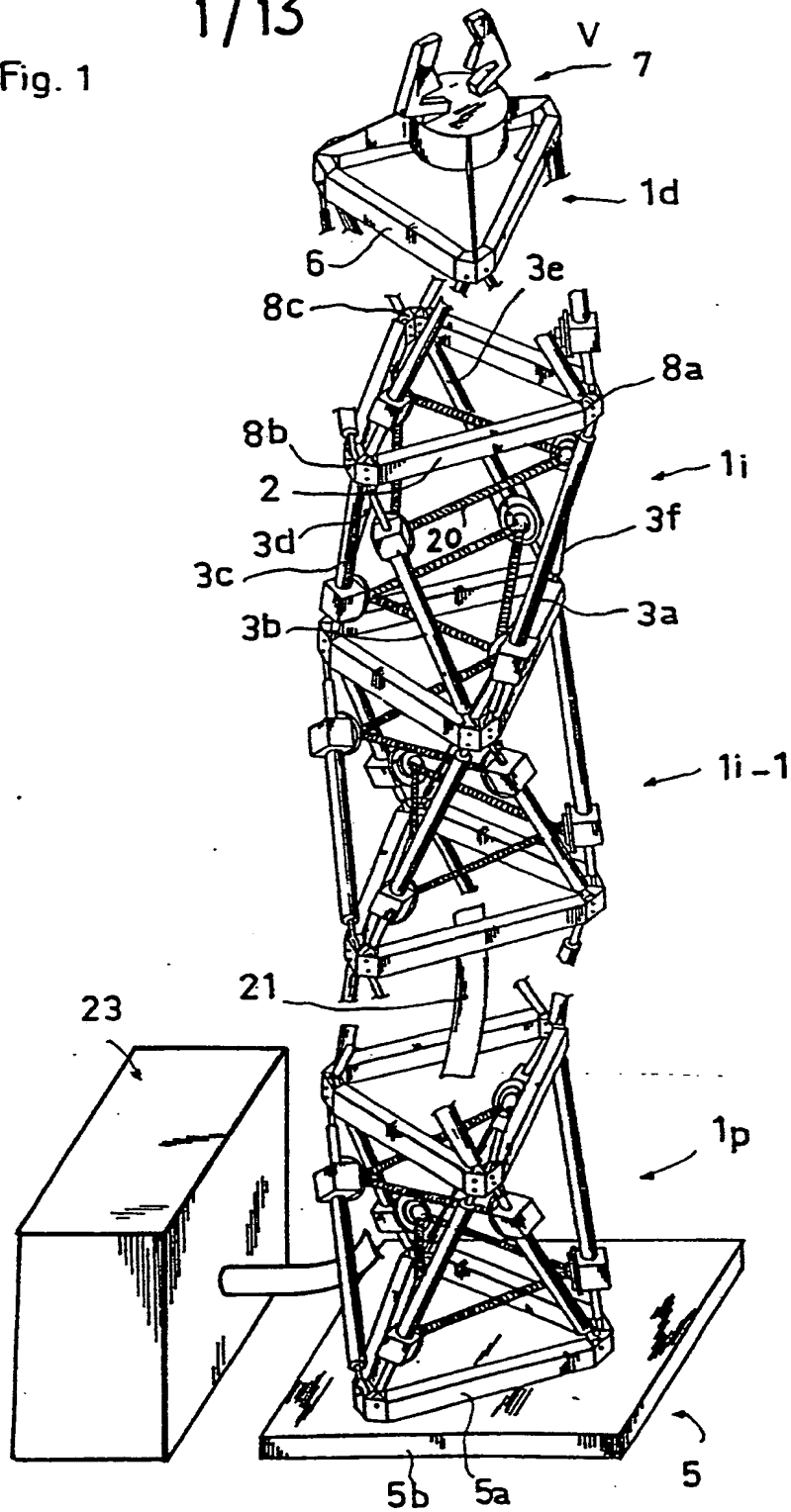
deux plateaux (37, 38) assemblés l'un sur l'autre, en vue de faire apparaître un module composé d'un plateau inférieur, des six actionneurs, du système de capteurs, et d'un plateau 5 supérieur.

23/ - Robot selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque actionneur linéaire est articulé à cardan (22) par ses extrémités sur la plate-forme de l'étage correspondant et sur celle de l'étage 10 précédent, chaque actionneur étant d'un type adapté pour autoriser une rotation autour de son axe longitudinal.

24/ - Robot selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque actionneur linéaire est constitué par un fourreau (19) lié à un écrou (18), articulé à 15 son extrémité sur une plate-forme, par une vis (17) en prise avec ledit écrou, par un carter (15) contenant ladite vis de façon à autoriser sa libre rotation, et par un moteur électrique (14) porté par le carter et agencé pour entraîner la vis en rotation, le carter (15) étant articulé sur l'autre 20 plate-forme.

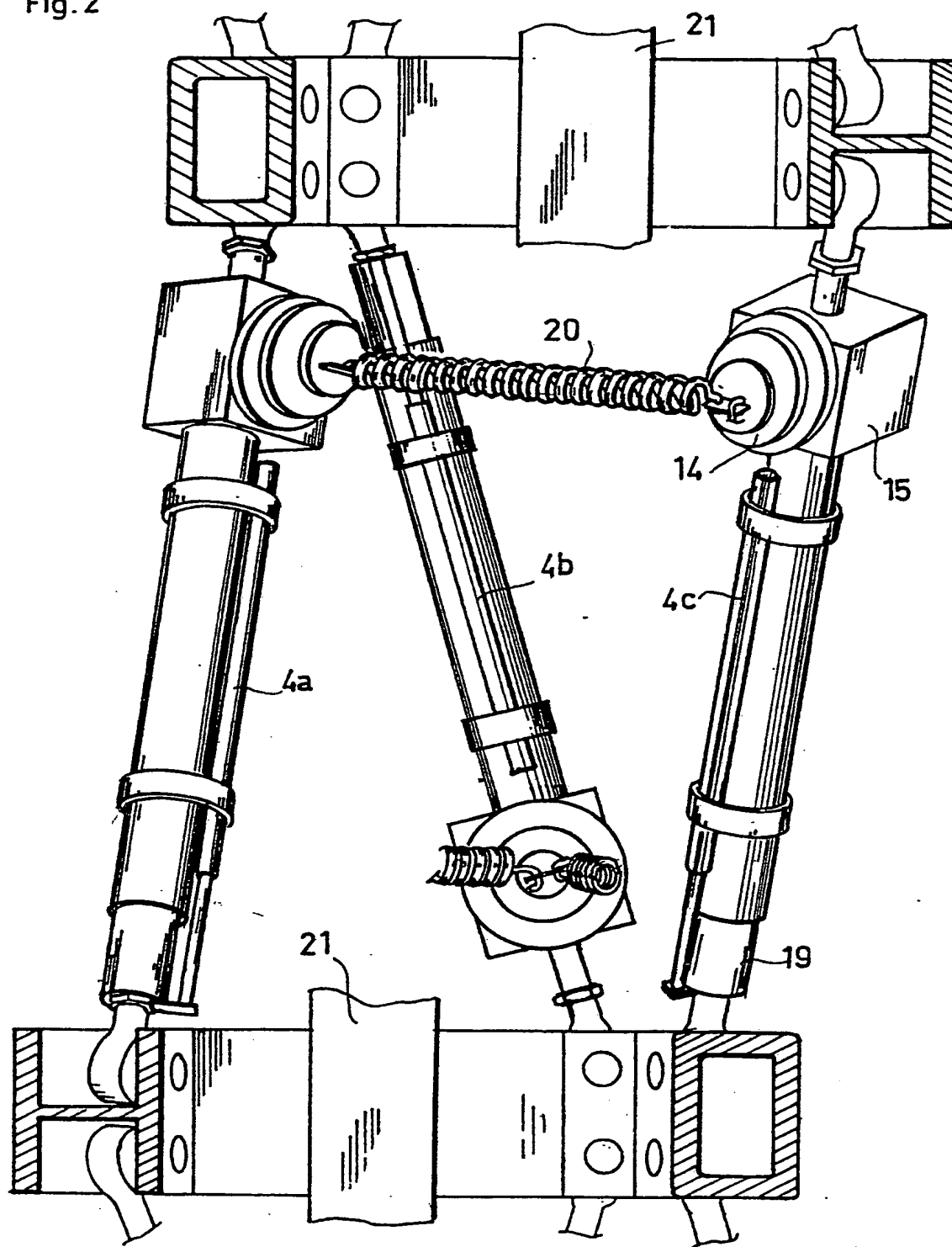
1/13

Fig. 1



2/13

Fig. 2



3/13

Fig. 3

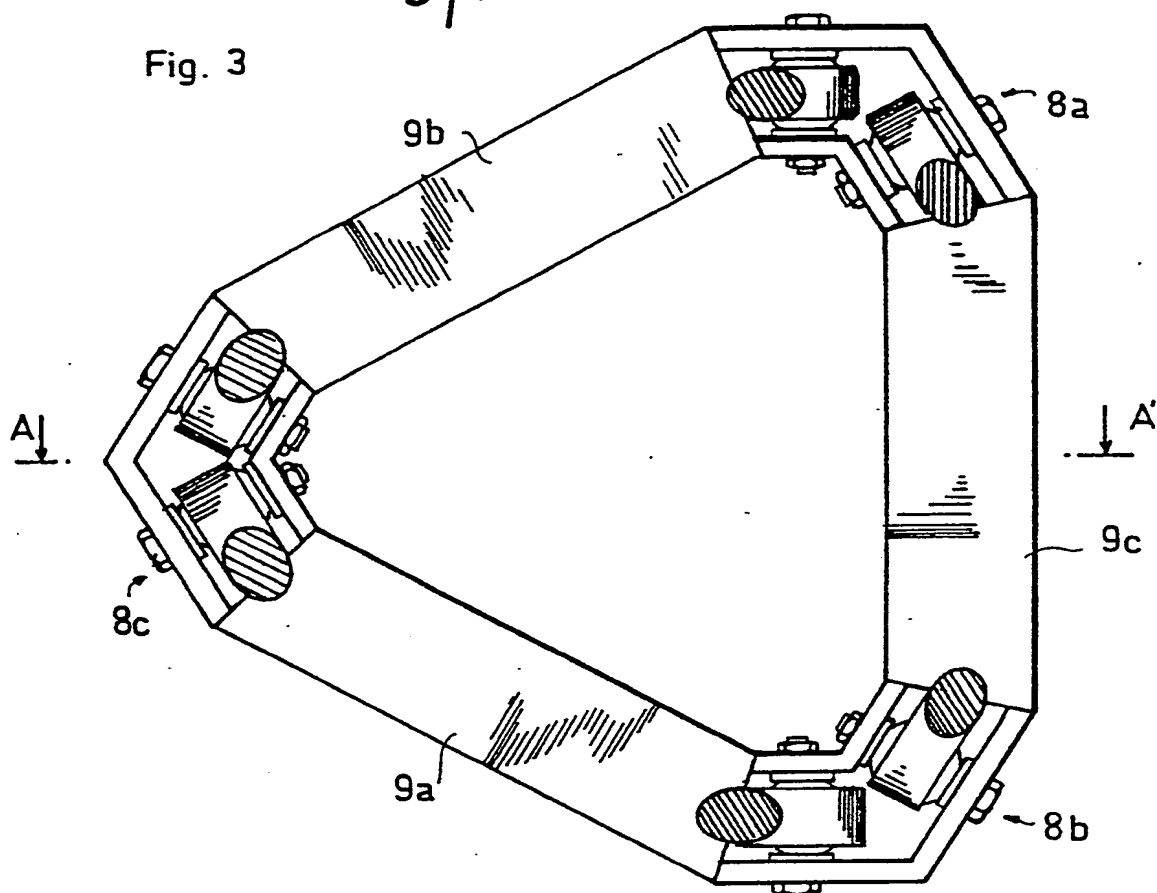
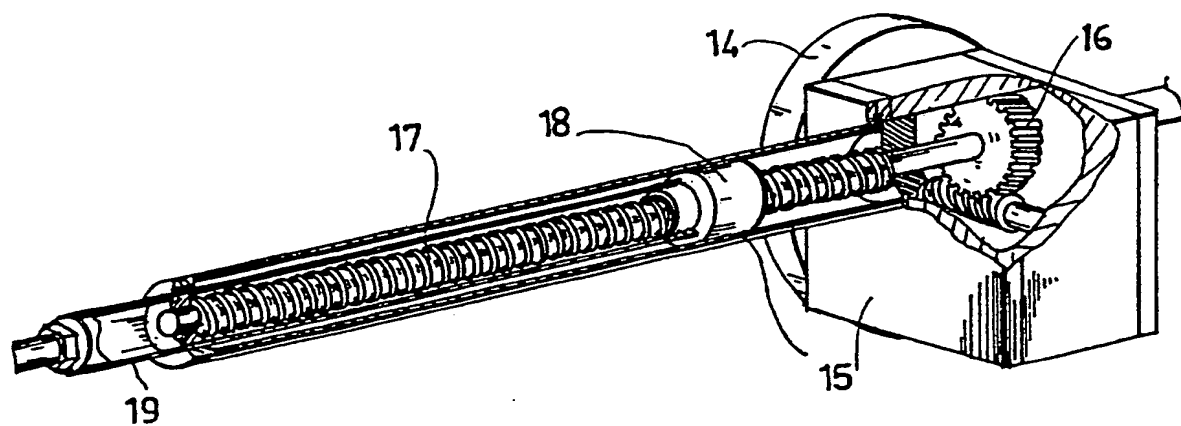
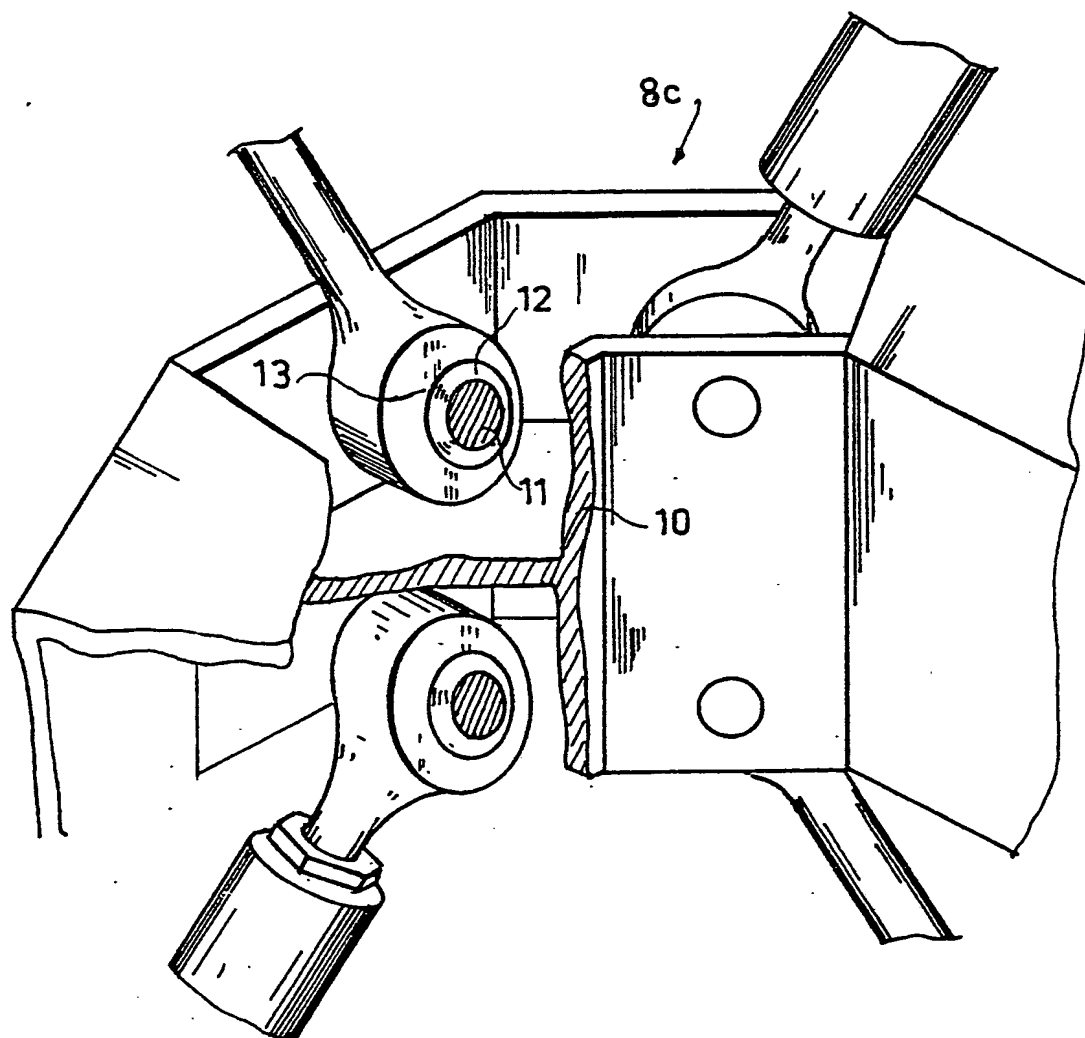


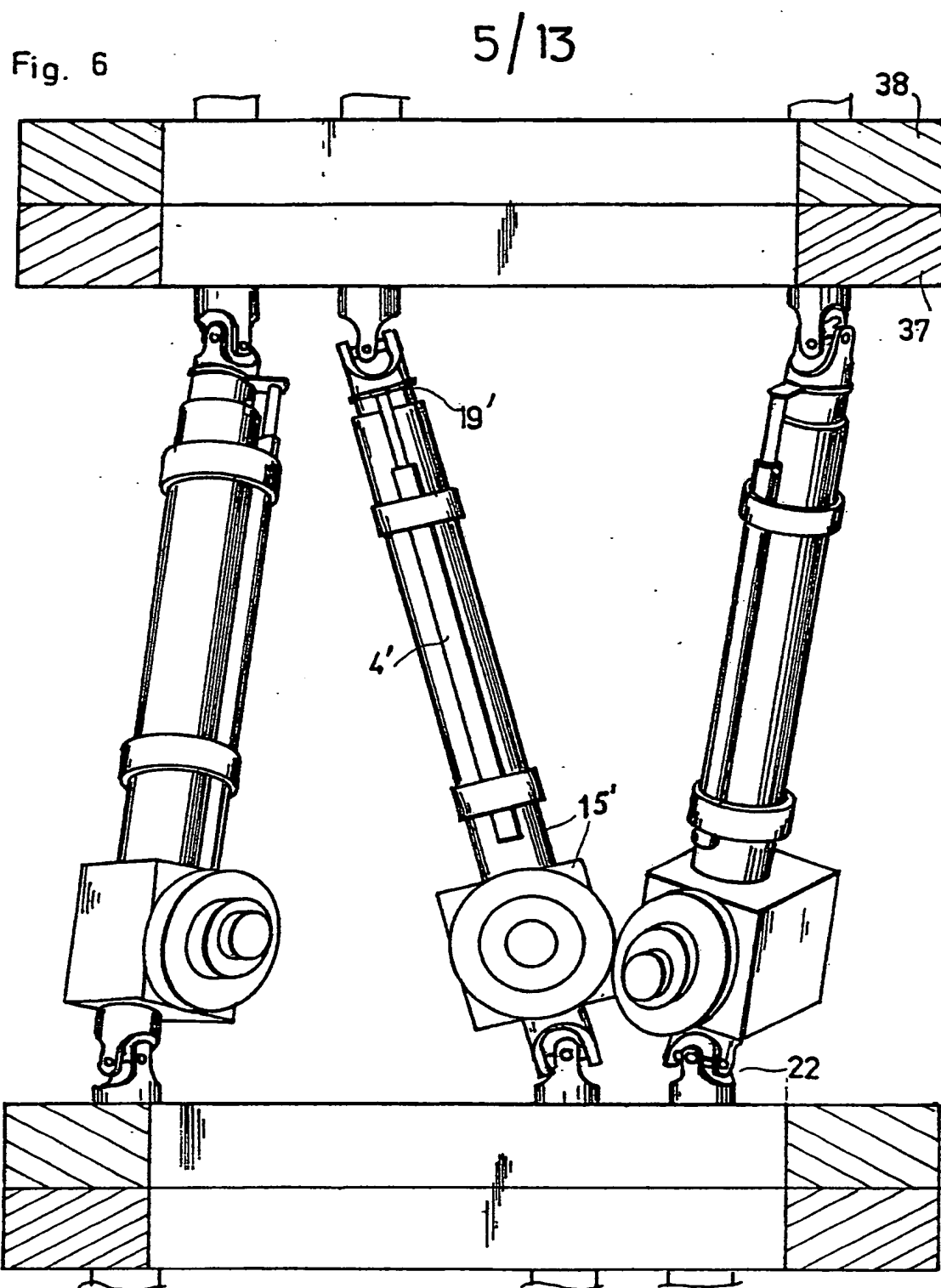
Fig. 4

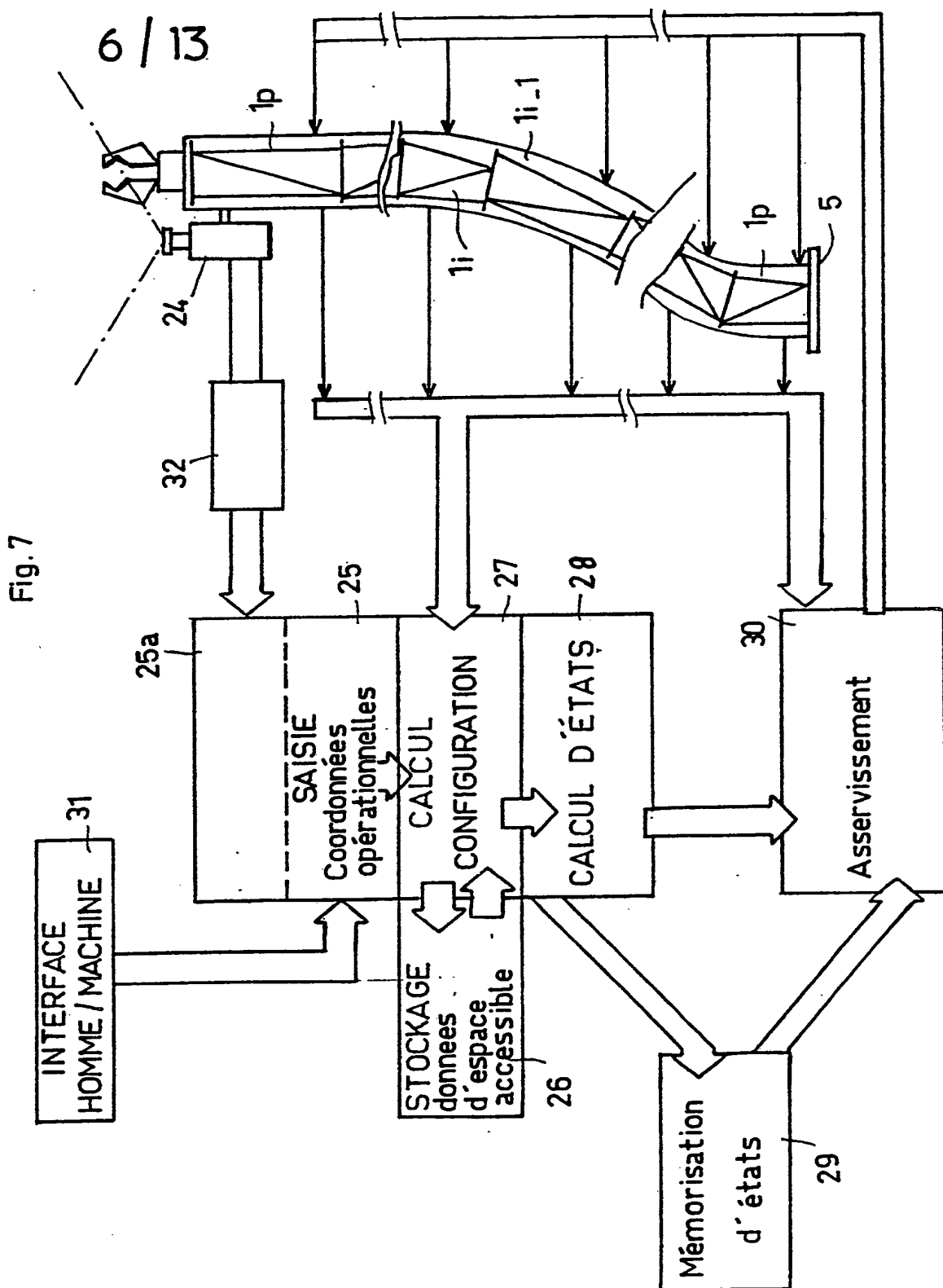


4/13

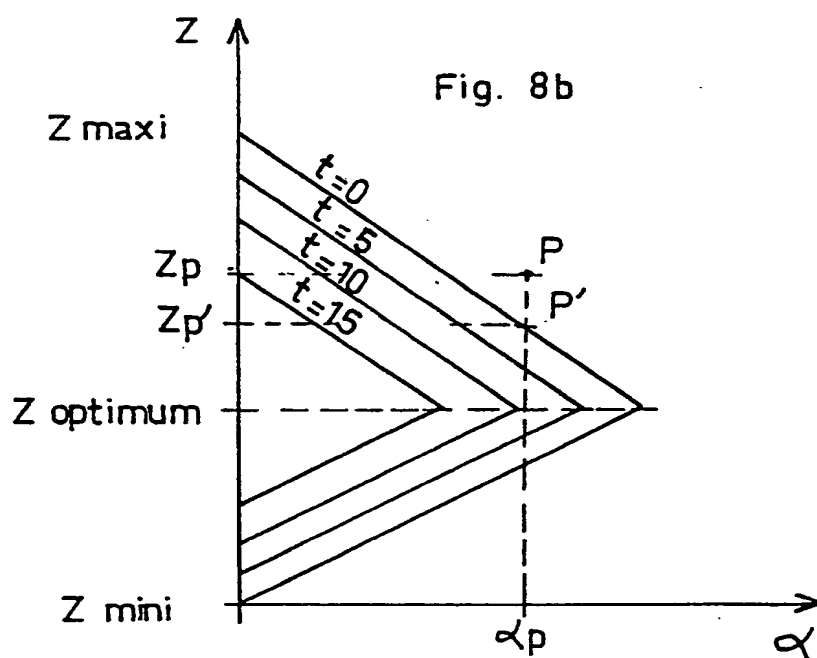
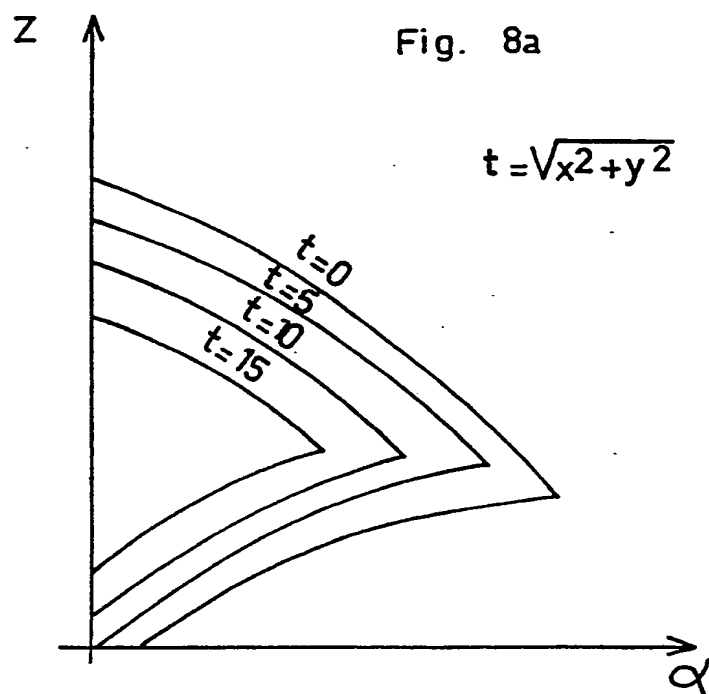
Fig. 5







7/13



8/13

Fig. 9a

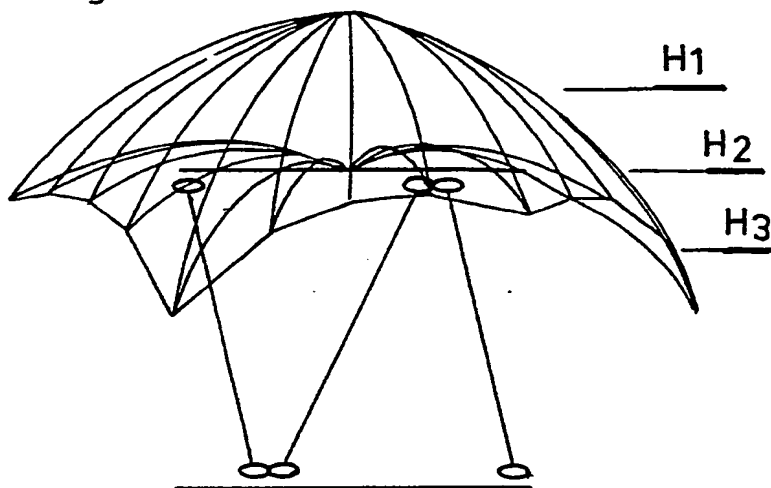


Fig. 9b

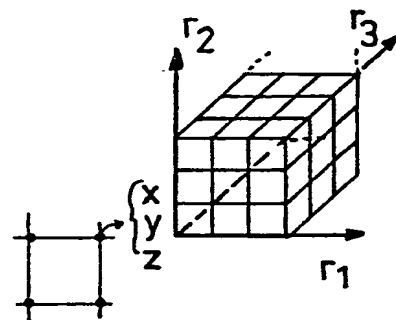


Fig. 9c

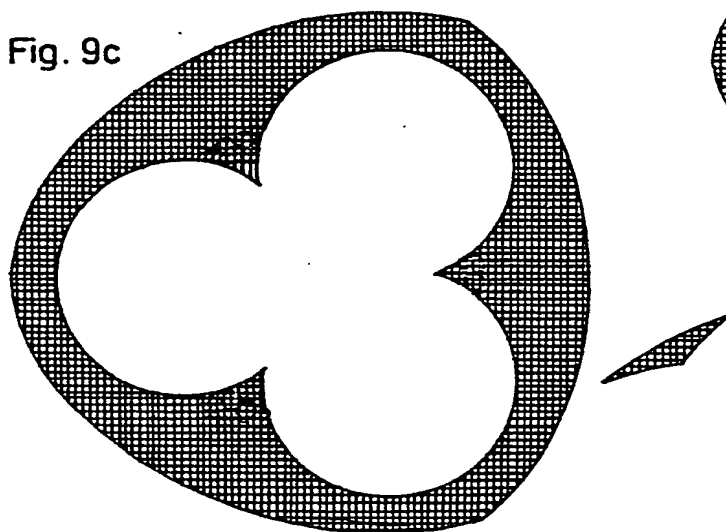
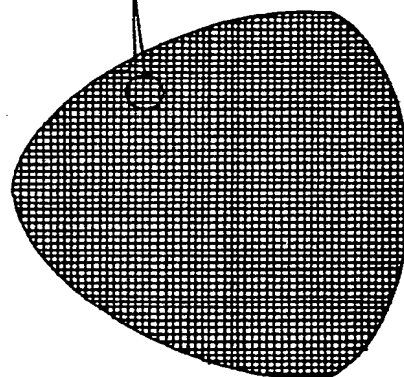
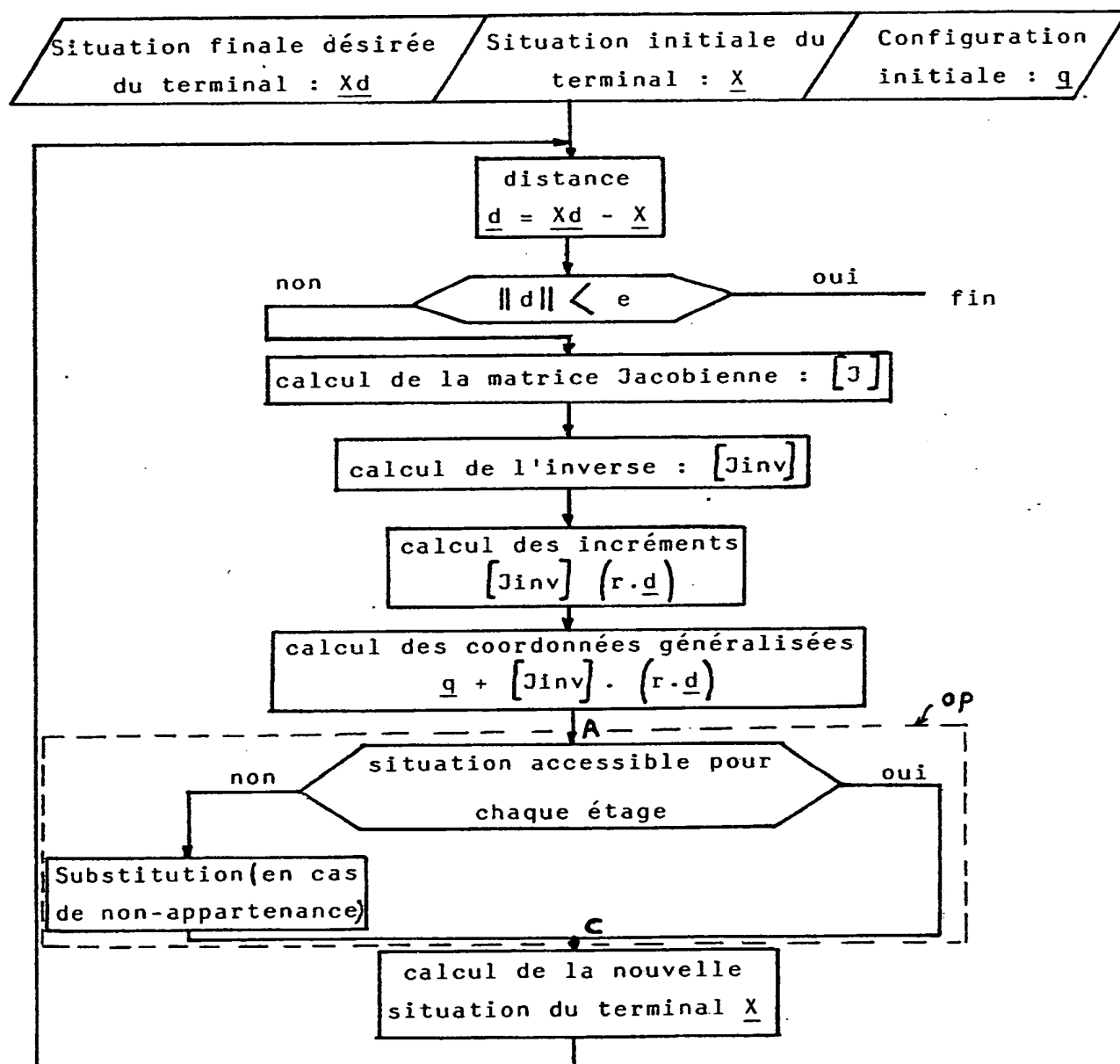


Fig. 9d



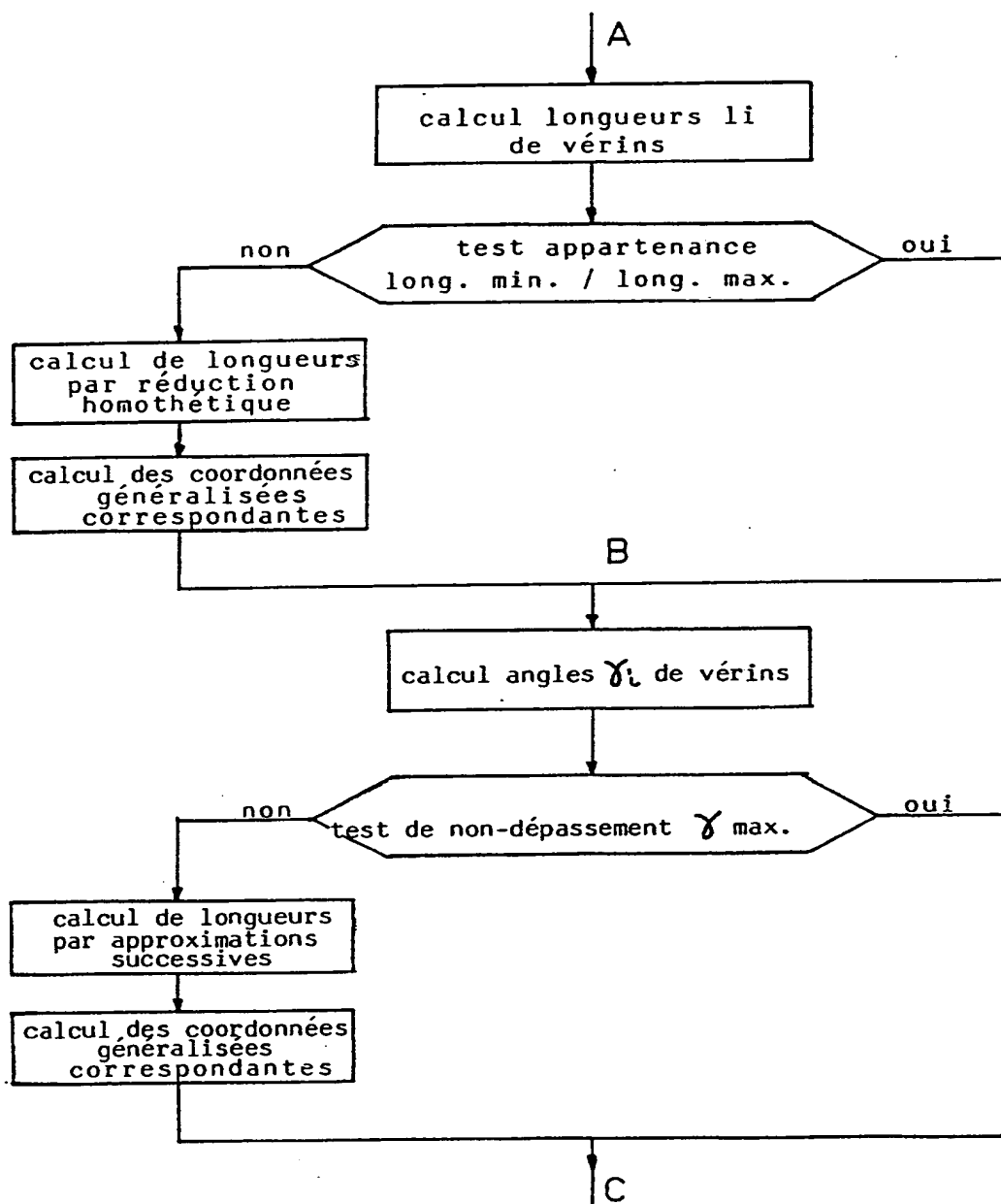
9/13

Fig. 10



10/13

Fig. 11



11 / 13

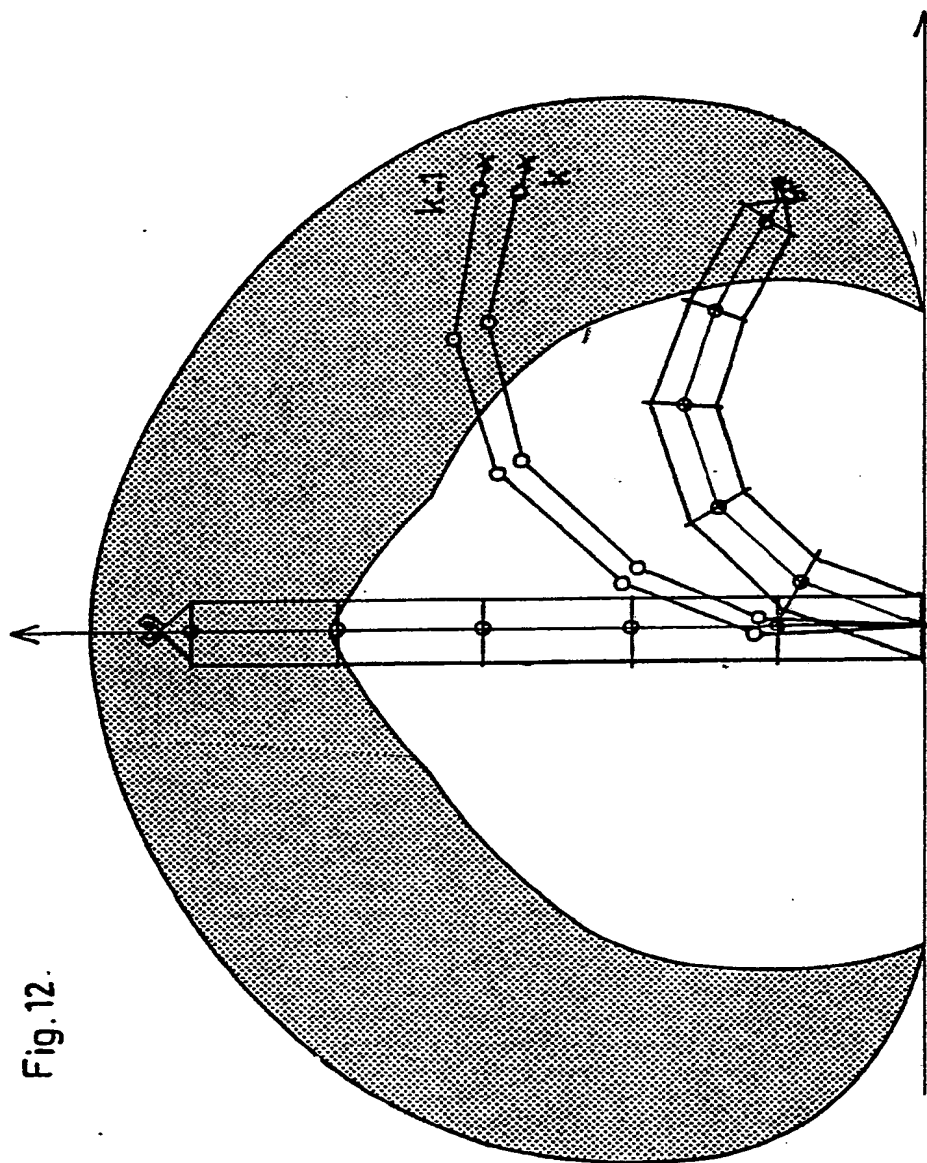


Fig. 12.

Fig. 13

12/13

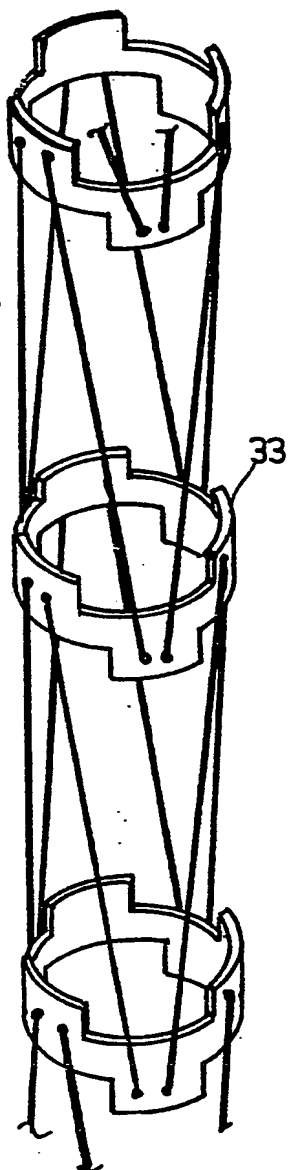
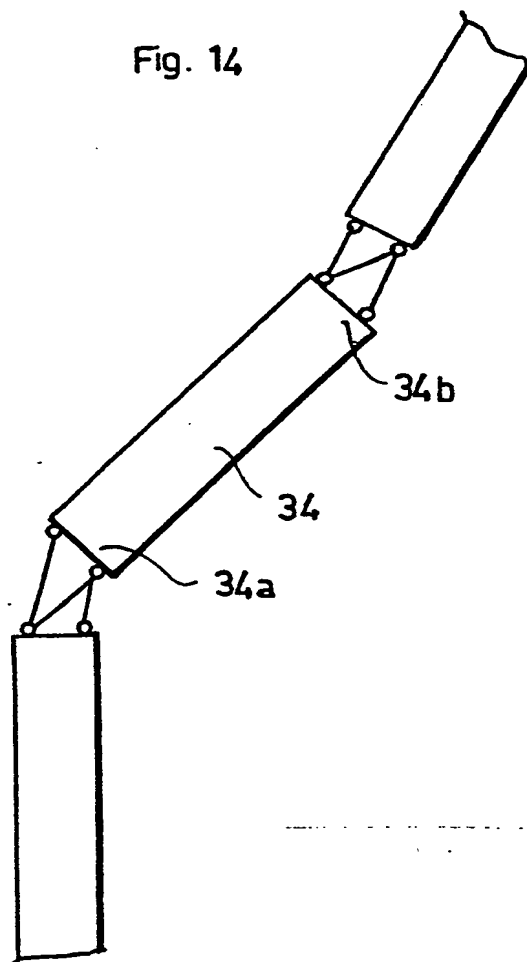
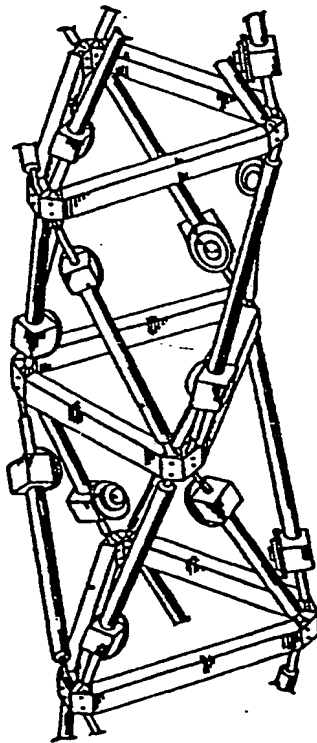
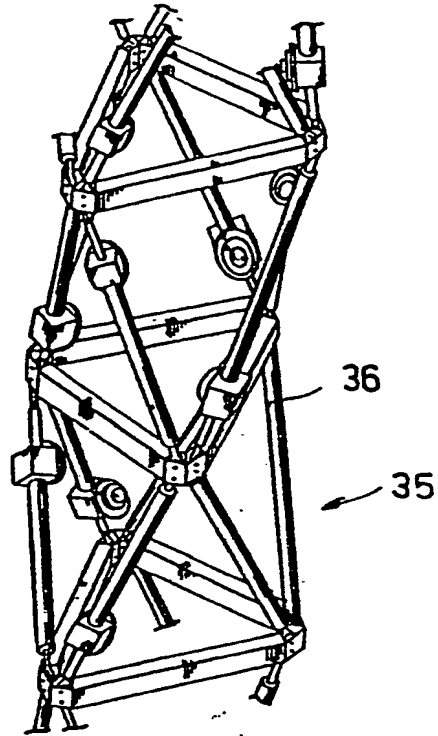


Fig. 14



13 / 13

Fig. 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/FR 88/00026

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) *		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. ⁴ B25J 9/06;B25J 9/08		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. ⁴	B25J	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched *		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT *		
Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
X	Soviet Engineering Research, Vol. 2, Nr. 12 December 1982 (Melton Mowbray, Leicestershire, GB), A.S. Koliskor: "Developemnt and investigation of industrial robots based on specification by l-coordinates" pages 75-78 see pages 75,76;page 77,lines 1-2	1,13-15,19, 22 3,4,16,17
A	---	
A	US, A, 4356554 (SUSNJARA et al.) 26 October 1982 see claim 1	1,5
A	US, A, 3288421 (PETERSON) 29 November 1966 see the whole document	1,14-17
A	US, A, 3712481 (HARWOOD) 23 January 1973 see column 5,lines 64-67;column 6,lines 4-10	19,21 ./.
<p>* Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"A" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
15 April 1988 (15.04.88)	18 May 1988 (18.05.88)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
EUROPEAN PATENT OFFICE		

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)		
Category *	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
A	FR, A, 2549916 (O.N.E.R.A.) 1st February 1985 ---	
A	US, A, 2027386 (KRÜMMER) 14 January 1936 -----	

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

FR 8800026
SA 20525

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 02/05/88
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A- 4356554	26-10-82	Aucun	
US-A- 3288421		Aucun	
US-A- 3712481	23-01-73	Aucun	
EP-A- 0109201	23-05-84	US-A- 4536690	20-08-85
FR-A- 2549916	01-02-85	GB-A,B 2144711	13-03-85
		JP-A- 60056893	02-04-85
US-A- 2027386		Aucun	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale N° PCT/FR 88/00026

I. CLASSEMENT DE L'INVENTION (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) ⁷		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
CIB ⁴ : B 25 J 9/06; B 25 J 9/08		
II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ		
Documentation minimale consultée ⁸		
Système de classification	Symboles de classification	
CIB ⁴	B 25 J	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté ⁹		
III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS ¹⁰		
Catégorie [*]	Identification des documents cités, ¹¹ avec indication, si nécessaire, des passages pertinents ¹²	N° des revendications visées ¹³
X	Soviet Engineering Research, volume 2, no. 12, décembre 1982, (Melton Mowbray, Leicestershire, GB), A.S. Koliskor: "Development and investigation of industrial robots based on specification by 1-coordinates", pages 75-78 voir pages 75,76; page 77, lignes 1-2	1,13-15, 19,22
A	--	3,4,16,17
A	US, A, 4356554 (SUSNJARA et al.) 26 octobre 1982, voir revendication 1	1,5
A	--	1,14-17
A	US, A, 3288421 (PETERSON) 29 novembre 1966, voir le document en entier	19,21
A	US, A, 3712481 (HARWOOD) 23 janvier 1973, voir colonne 5, lignes 64-67; colonne 6, lignes 4-10	
A	EP, A, 0109201 (THE FRANKLIN INSTITUTE) 23 mai 1984	
--		
./.		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>[*] Catégories spéciales de documents cités: ¹¹</p> <p>« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>« E » document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>« L » document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>« O » document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>« P » document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>« T » document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>« X » document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive</p> <p>« Y » document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier.</p> <p>« & » document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
IV. CERTIFICATION		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
15 avril 1988	18.05.88	
Administration chargée de la recherche internationale	Signature du fonctionnaire autorisé	
OFFICE EUROPEEN DES BREVETS	P.C.G. VAN DER PUTTEN	

III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS (SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDICUÉS SUR LA DEUXIÈME FEUILLE)		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec indication, si nécessaire, des passages pertinents	N° des revendications visées
A	FR, A, 2549916 (O.N.E.R.A.) 1er février 1985	
A	US, A, 2027386 (KRÜMMER) 14 janvier 1936	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE
RELATIF A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO.**

FR 8800026
SA 20525

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche international visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 02/05/88
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US-A- 4356554	26-10-82	Aucun	
US-A- 3288421		Aucun	
US-A- 3712481	23-01-73	Aucun	
EP-A- 0109201	23-05-84	US-A- 4536690	20-08-85
FR-A- 2549916	01-02-85	GB-A, B 2144711	13-03-85
		JP-A- 60056893	02-04-85
US-A- 2027386		Aucun	

EPO FORM P0472

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82